

Tartu Ülikool
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Keemia Instituut

Getter Leppik

**Õpilaste arusaamise kujunemine hapetest ja
alustest toetudes STCTM õppekavale**

Magistritöö

Juhendaja: MSc Andero Vaarik

Tartu 2014

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
I KIRJANDUSE ÜLEVAADE	5
1.1. Arusaamise kujunemine	5
1.1.1. Arusaamine erinevatel mõtlemistasanditel	6
1.1.2. Arusaamise õpetamine	7
1.2. Uurimuslik õpe.....	8
1.2.1. Uurimusliku õppe etapid.....	8
1.2.2. Uurimusliku õppe tasemed	9
1.3. <i>Science and Technology Concepts</i> TM (STC TM) õppekava.....	10
1.4. Hapete ja aluste käsitus Eesti põhikooli riiklikus õppekavas ja STC TM õppekavas.....	12
1.5. Hapete ja aluste õppimisel sagedamini esinevad vead.....	13
II MATERJALID JA METOODIKA	17
2.1. Materjalid	17
2.2. Uuringu ülesehitus	18
2.3. Valim.....	20
2.4. Uuringu instrument	20
2.4.1. Eel- ja järeltestid	21
2.4.2. Õpilaste hinnanguküsimustik.....	22
2.4.3. Intervjuu õpilastega ja aineõpetaja tagasiside.....	23
2.5. Andmeanalüüs.....	23
III TULEMUSED JA ARUTELU	25
3.1. Õpilaste arusaamise muutused kasutades STC TM õppekava põhimõttel koostatud õppematerjali	25
3.1.1. Eeltesti tulemused	26
3.1.2. Järeltesti tulemused.....	28
3.1.3. Eel- ja järeltesti tulemuste võrdlus.....	31
3.2. Sagedamini esinevad vead õpilaste järeltestis.....	34
3.3. Õpilaste hinnang loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele	37
KOKKUVÕTE	42
TÄNUAVALDUSED	44
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	45
SUMMARY	49
LISAD	51

SISSEJUHATUS

Viimase kahekümne aasta jooksul on loodusteaduslike õppeainete osakaal vähenenud, mille tulemusena on loodusainete õppetamine muutunud teooriapõhisteks ning tunnid õpetajakeskseteks, sest praktilisi töid tehakse vähe (Pedaste *et al*, 2008). Õpetajakeskse õpiprotsessi käigus omandatud teadmised ning oskused teooriat meelde jätta ei taga, et õpilased saavad aru nende olemusest või millal neid kasutada (Perkins, 1993; Huo, 2006).

Keemias on olulisel kohal lisaks ainete omaduste ja keemiliste nähtuste kirjeldamisele suutlikkus mõista eluslooduses ja inimtegevuses toimuvate protsesside seaduspärasusi (PRÕK, 2010) kujundades õpilastes arusaamine õpitavatest teemadest ja kontseptsioonidest. Bereiter (2002) näeb arusaamise õpetamise võimalusena tegevust, mille keskmes on õpilase enda aktiivne osavõtt õpiprotsessist. Üheks õpilaskesksemaks õpitegevuseks on uurimuslik õpe (Harlen, 2004).

2011. aastal jõustunud Põhikooli riikliku õppekava (PRÕK, 2010) keskmes on uurimusliku õppe rakendamine, mis on ka üks olulisemaid keemiaõppe eesmärke, kus eeldatakse, et õpilased püstitavad uurimisküsimuse, planeerivad ja teostavad uurimuse, analüüsivad andmeid ja teevad kokkuvõtte. Varasemad uurimustest selgub, et õpetajad suhtuvad uurimusliku õppe rakendamisesse küll positiivselt, ent tuuakse välja aja-, juhendite ja vajalike vahendite puudust (Voivod, 2011; Veeremaa, 2010; Kiisla, 2011).

III kooliastme ühe õpitulemusena keemias tuuakse välja, et õpilane teeb ohutult lihtsamaid keemiakatseid, mõistab igapäevaelus kasutatavate kemikaalide ja materjalide ohtlikkust ning rakendab neid kasutades vajalikke ohutusnõudeid (PRÕK, 2010). Igapäevaelus puutume kokku paljude erinevate keemiliste ühenditega, sealhulgas hapete ja alustega. Happeid sisaldavad mitmed toiduained (marjad, puuviljad) ja kodumajapidamises kasutatud lahused (äädikas, katlakivieemaldaja). Alused leiavad kasutust näiteks meditsiinis (nt nuuskiiritus), kosmeetikatööstuses (nt juuksevärvid) ja puhastusvahendites (nt torupuhastid). Hapete ja aluste teema õppimine võimaldab arendada õpilaste eksperimenteerimisoskust ja olmekeemia ohutut kasutamise oskust.

Eelpool kirjeldatud probleemist lähtuvalt seati käesolevale uurimistööle järgmised eesmärgid:

- koostada uurimuslikul õppel põhinev õppematerjal 8. klassile teemal „Happed ja alused“;
- hinnata 8. klassi õpilaste arusaamist hapetest ja alustest kasutades STC™ õppekava strateegial põhinevat õppematerjali;
- selgitada välja õpilaste hinnangud loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele.

Vastavalt seatud eesmärkidele püstitati magistritööle järgmised uurimisküsimused:

1. Kuidas muutub õpilaste arusaamine hapetest ja alustest kasutades STC™ õppekava põhimõttel koostatud õppematerjali?
2. Millised on sagedamini esinevad vead õpilaste järeldustes?
3. Millised on õpilaste hinnangud loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele?

Eesmärkide saavutamiseks ja uurimisküsimustele vastamiseks koostati STC™ õppekava põhimõttel õppematerjal „Happed ja alused“. Õpilaste arusaamise muutuse hindamiseks kasutati eel- ja järelduste. Hapete ja aluste teemast arusaamisel esinevate vigade väljaselgitamiseks analüüsiti järelduste tulemusi ning viidi läbi intervjuud õpilastega. Uuringus osalenud õpilaste hinnangud kasutatud õppematerjalile kajastuvad hinnanguküsimustiku tulemustes.

Magistritöö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis antakse ülevaade kirjandusest ning esitatakse oluliste mõistete definitsioonid. Teises peatükis tutvustatakse töö raames loodud õppematerjali ning uurimistöö metoodikat. Kolmandas peatükis esitatakse uurimistöö tulemused ning järeldused. Töö lõpeb kokkuvõtte ja kasutatud kirjanduse loeteluga.

I KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Arusaamise kujunemine

Loodusainete õppimine peab kujundama õpilastel integreeritud arusaamise loodusest kui terviküsteemist, milles esinevad vastastikseosed ning põhjuslikud tagajärjed (PRÕK, 2010). Lisaks keemias omandatavatele teadmistele ja oskustele peavad õpilased saama aru eluslooduses ja inimtegevuses toimuvatest keemiliste protsesside seaduspärasustest.

Tänases koolis on oluline õpetada arusaamist, mitte lihtsalt teadmisi. Teadmised ja oskused üksi ei taga arusaamist (Perkins, 1993). Õpilased võivad omandada teadmisi ja rutiinseid oskusi mõistmata nende olemust või millal neid kasutada. Täpset mõistet, mis on arusaam või arusaamine pole kerge leida ega formuleerida. Perkinsi (1993) sõnul saab teadmisi esitada ja oskust demonstreerida, ent arusaamist on märksa keerulisem esitada.

Brownell ja Sims (1946, refereerinud Bereiter, 2002) näiteks leiavad, et õpilane saab aru, kui ta on võimeline käituma, tundma ja mõtlema vastavalt situatsioonile. Selle järgi pole arusaamine miski meie peas, vaid see, kuidas me maailmaga suhestume.

Piaget (1970, ref Krull, 2001) näeb indiviidi ja keskkonna pideva vastastikuse toimimise protsessi kohanemisena, mille käigus individ õpib oma keskkonna sündmusi ette nägema ja neid kontrollima. Kohanemise käigus toimub teadvuses uute skeemide konstrueerimine. Bereiter (2002) võrdleb arusaamist just skeemi või võrgustikuga. Kui soovime hinnata õpilaste arusaamist, peame võrdlema õpilaste skeeme või ideede võrgustikke kas mõne eksperdi omaga või väljakujunenud ideaaliga. Ta lisab, et arusaamine sõltub meie suhtest arusaadavate objektidega ning see võib olla seotud meie saavutuste, huvide ja oskustega.

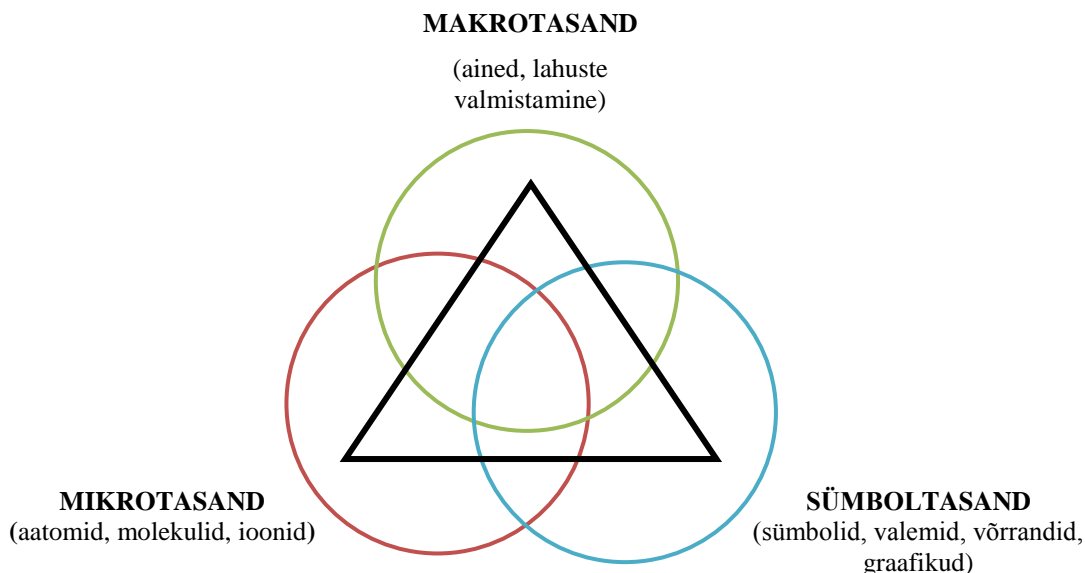
Perkins (1993) leiab, et õpitavast teemast arusaamine on võime esitada õpitud teemat erineval viisil, näiteks selgitama, koguma tõendeid, võrdlema, esitlema infot uues vormis jne. Kui õpilane suudab kirjutada üles ühe valemi ja selle abil lahendada mõned töövihiku ülesanded, ei anna see veel piisavalt tõendeid, kas õpilane tegelikult saab teooriast aru. Mida enam suudab õpilane uut teadmist esitada erinevates vormides ja

rakendada seda uutes olukordades, seda enam saab olla kindel, et õpilane saab aru (Perkins, 1993). Eesti põhikooli riiklikus õppekavas (2010) tuuakse välja arusaamise demonstreerimiseks järgmised tegevused: äratundmine, nimetamine, näidete toomine, iseloomustamine, sõnastamine ja kirjeldamine.

Käesolevas töös lähtutakse järgnevast: õpilane saab aru, kui ta demonstreerib oma teadmisi, põhjendab neid ning esitab uues vormis.

1.1.1. Arusaamine erinevatel mõtlemistasanditel

Keemias on väga olulisel kohal aru saada makromaailma kõrval mikro- ja sümbol-tasanditest. Sama olulised on keemia õppimisel ka interaktsioonid ja erinevused nende tasandite vahel, mis on määrava tähtsusega kontseptsioonide mõistmisel (Sirhan, 2007). Näiteks saab reaktsioonivõrrandi (sümboltasand) demonstreerimist katseliselt (makrotasand) vaadelda tasandite käsitusena kolmnurga paremas ääres sõltuvalt rõhuasetusest (Joonis 1). Käsitluse asukoha määrab iga tasandi osakaal konkreetse teema juures (Johnstone, 2006). Kui õpilasel tekib probleeme ühe tasandi mõistmisel, mõjutab see ühtlasi kogu teemast arusaamist.



Joonis 1. Kolm mõtlemistasandit keemias ja nende interaktsioonid (Johnstone, 2006)

Makrotasand on kõik hoomatav meie ümber, seda saab esitada õpilastele eksperimentaalselt üsna kergelt. Makrotasandil nähtut kirjeldatakse sümboltasandil või mikrotasandil abstraktsete mikroosakestega. Sümboltasand on neist kõige raskemini

õpilastele mõistetav, seda enam kui puudub arusaamine mikrotasandil toimuvast (Devetak *et al*, 2009). Devetak jt (2009) näevad lahendusena keemia õppimisel kõigi kolme tasandi katmist, mida toetavad sobivad visuaalsed elemendid, näiteks joonised, graafikud, simulastioonid, demonstratsioonkatsed jne. Õpilased, kes mõistavad erinevate tasandite vahelisi suhteid omavad paremat arusaamist teemast, kui need, kellel see oskus puudub.

1.1.2. Arusaamise õpetamine

Õppimine ei ole pelgalt teadmiste, oskuste ja vilumuste omandamine, vaid ka protsess, kus kogemuse vahendusel kujunevad suhteliselt püsivad muutused tegevusvõimes või käitumises (Krull, 2001). Bereiter (2002) toob oma raamatus välja kolm põhilist lähenemist arusaamise õpetamiseks.

Esimene ja kõige praktilisem viis on otsene selgitus. Kasutatakse jooniseid, võrdlusi ja näiteid kuulajas arusaamise tekitamiseks. Selgitades püütakse olla võimalikult selge, et kuulaja oleks võimeline mõistma.

Teine lähenemine iseloomustab õpilaste omandatud teadmiste esitamist erinevates vormides, mille kohaselt, selgitatud teadmiste äraõppimisele lisaks, kaasatakse õpilasi neid teadmisi interpreteerima, rakendama, analüüsima, sünteesima ja hindama.

Kolmas viis on seotud kognitiivse teadusega, mis keskendub õpilase mõttemudelitele. Õpetamise käigus püütakse mõista õpilaste eelteadmisi ja arusaamu, seejärel rakendatakse tegevust, mis muudab õpilaste mõttemudeleid. See tegevus võib sisaldada otsest selgitust, probleemi lahendamist, eksperimenti või demonstratsiooni, arutlust või väitlust, mis toovad välja õpilaste erinevad ideed. Selle lähenemise juures on väga oluline õpilase enda aktiivne osavõtt õpiprotsessist.

Harlen (2004) kirjeldab oma artiklis õpilaskeskse meetodina uurimusliku õpet, kus õpilased kasutavad uurimust, et leida oma uurimisküsimustele vastuseid ja selgitada teooriaid. Kui õpilane saab uurimise käigus uusi või vastuolulisi tulemusi, tuleb õpilastel muuta oma olemasolevaid arusaamisi (Harlen, 2004). Iseseisvalt uurida ja selgitusi leida on loomulik ja arendav ning võimaldab õpilasel õpitut paremini meelde jätta (Millar, 2004).

1.2. Uurimuslik õpe

1960. aastal avaldas Jerome Bruner esmakordselt raamatu „*The Process of Education*”. Bruner leidis, et õppimine peab olema aktiivne kaasav protsess ning omama praktilist väärtust. Seetõttu on Bruner olnud üks peamisi avastusõppe (*discovery learning*) toetajaid. Avastusõppe käigus omandab õpilane uusi teadmisi kontrollides või hinnates eelnevalt seatud hüpoteese või uurimisküsimusi vaatluste või katsetega. Bruner usub, et uue materjali eduka omandamise tagab õpilase aktiivne osalemine protsessis, mis omakorda suurendab õpilaste sisemist motivatsiooni midagi uut avastada. Õppimise tulemuslikkuse tagab peamiselt sisemine motivatsioon saadavate hinnete või hilisema kasu asemel.

Avastusõppe rõhuasetus on avastuse tegemiselt liikunud aja jooksul protsessile endale, uurimuse läbiviimisele kavandamisest tulemuste esitamiseni, ja viinud uurimusliku õppe (*inquiry learning*) kontseptsiooni sõnastamiseni (Pedaste & Mäeots, 2008).

Uurimuslikku õpet käsitletakse kui õppemeetodit, mis sisaldab maailma uurimist uute teadmiste kogumiseks ja suunab küsima küsimusi, tegema avastusi ning neid kontrollima (NSF, 2000). Teisest küljest võimaldab uurimuslik õpe õpilastel aru saada, kuidas teadlased maailma uurivad (NRC, 1996).

1.2.1. Uurimusliku õppe etapid

Pedaste ja Mäeots (2008) jagavad uurimusliku õppe tinglikult kolmeks järjestikuseks osaks: 1) hüpoteeside sõnastamine ja katse planeerimine; 2) eksperimentide või vaatluse läbiviimine katsetena ja andmete kogumine; 3) saadud tulemuste analüüs ja tõlgendamine.

Tuginedes mitmete autoritele (Harlen, 2000; Padilla, 1990; Krajcik *et al*, 1998; Keys & Bryan, 2001; Kask & Rannikmäe, 2010) võib eelnevalt nimetatud kolme osa juures eristada mitmeid alaetappe ning seega võiks lähtuda seitsmest uurimusliku õppe etapist: 1) vaatlemine, probleemiga tutvumine, probleemi sõnastamine; 2) uurimisküsimuste sõnastamine; 3) hüpoteeside püstitamine; 4) uuringu (eksperimenti, vaatluse) planeerimine; 5) uuringu teostamine, andmete kogumine; 6) tulemuste analüüs ja tõlgendamine; 7) järelduste tegemine ja kokkuvõtte esitamine.

Sõltuvalt töö eesmärgist võib õpilasi kaasata ainult teatud etappide läbimisse, ent kindlasti tuleks arendada ka õpilaste võimekust läbida kogu uurimusliku õppe protsess (NRC, 1996).

1.2.2. Uurimusliku õppe tasemed

Vastavalt õpilase kaasatusele erinevatesse uurimusliku õppe etappidesse võib eristada mitmete autorite tööde põhjal (Buck *et al*, 2008; Fay *et al*, 2007; Kitot *et al*, 2010; Mugaloglu & Saribas, 2010) 4 erinevat taset: kinnitatav, struktureeritud, juhitud ja avatud uurimus (Tabel 1).

Tabel 1. Uurimusliku õppe tasemed vastavalt õpetaja või õpilase kaasatusele (Buck *et al*, 2008; Fay *et al*, 2007; Kitot *et al*, 2010; Mugaloglu & Saribas, 2010)

Etapp	Tase 0: kinnitatav	Tase 1: struktureeritud	Tase 2: juhitud	Tase 3: avatud
<i>Hüpoteeside sõnastamine, katse planeerimine</i>	Õpetaja	Õpetaja	Õpetaja	Õpilane
<i>Uurimus</i>	Õpetaja	Õpetaja	Õpilane	Õpilane
<i>Tulemuste analüüs ja tõlgendamine</i>	Õpetaja	Õpilane	Õpilane	Õpilane

Tase 0 ehk kinnitatav uurimusliku õppe korral on õpetaja roll peamine ning õpilased veenduvad õpitus. Selle töö raames vaatleb või katsetab õpilane juhendi järgi omandamaks uut teadmist või õpib mingit konkreetset laborivõtet ning kontrollib oma tulemusi etteantuga (Buck *et al*, 2008; Fay *et al*, 2007; Kitot *et al*, 2010; Mugaloglu & Saribas, 2010).

Struktureeritud uurimusliku õppe korral on õpetaja kontroll samuti suur. Õpetaja esitab probleemi ja protseduuri sellele lahenduse leidmiseks, õpilased analüüsivad tulemusi ning tõlgendavad neid ning pakuvad võimalikke lahendusi (Buck *et al*, 2008; Fay *et al*, 2007; Kitot *et al*, 2010; Mugaloglu & Saribas, 2010). Käesoleva magistritöö raames kasutatud õppematerjali koostamisel lähtuti sellest uurimusliku õppe tasemest.

Juhitud uurimusliku õppe tasemel annab õpetaja ette taustainfo ning probleemi, uurimuse planeerimine, läbiviimine, tulemuste analüüs ja kokkuvõtete tegemine jääb õpilaste teha (Buck *et al*, 2008; Fay *et al*, 2007; Kitot *et al*, 2010; Mugaloglu & Saribas, 2010). Õpetaja juhendab ning jälgib, et uurimistöö täidaks siiski oma eesmärgi (Kitot *et al*, 2010).

Kolmandat taset nimetatakse avatud uurimusliku õppe tasemeks. Avatud uurimuse korral kontrollivad õpilased kõiki uurimuse etappe: valivad probleemi, püstitavad uurimisküsimuse, planeerivad ja teostavad uurimuse, analüüsivad andmeid ja teevad kokkuvõtte (Buck *et al*, 2008; Fay *et al*, 2007; Kitot *et al*, 2010; Mugaloglu & Saribas, 2010). Avatud uurimus võimaldab õpilastel lisaks arendada suhtlemisoskust, kriitilist ja loovat mõtlemist, manipuleerimisoskust ja erinevaid uurimistehnikaid (Kitot *et al*, 2010).

1.3. *Science and Technology Concepts*TM (STCTM) õppekava

Arendamaks õpilastes kõrgema järgu kognitiivseid oskusi on Ameerika Teaduste Akadeemia (*American Association for the Advancement of Science*) koostöös *Smithsonian Science Education Center*'iga (SSEC) loonud *National Science Resources Center*-i, mille raames töötati välja neljaastmeline õppimistsükkel (NSRC, 1998):

- 1) õpilased keskenduvad oma eelteadmistele ehk mida nad teemast juba teavad;
- 2) õpilased uurivad mingit teaduslikku lähenemist või seaduspärasust järgides hästistruktureeritud kava;
- 3) õpilased kirjeldavad oma uuritavat objekti, koguvad andmeid, koostavad kokkuvõtte ning jagavad oma tulemusi kaaslastega;
- 4) õpilased rakendavad omandatud teadmisi elulistes situatsioonides ning teistes õppeainetes.

Õppimistsükkel annab õpilastele võimaluse arendada arusaamist olulistest mõistetest ja arendada positiivset hoiakut loodusteaduste suhtes (NSRC, 1998). Loodud õppimistsükli põhjal on *National Science Resources Center* koostanud põhjaliku ja süsteemse uurimusliku õppe *Science and Technology Concepts*TM (STCTM) õppekava 1.-st kuni 8. klassini (Tabel 2). Õppekava kujutab järjestikust hierarhilist struktuuri koos vajaliku materiaalse baasiga: õppematerjalid õpetajale koos vajalike vahenditega katsete läbiviimiseks ja õpperaamatud õpilastele (NSRC, 1998).

Teemad algavad õpilaste eelteadmiste ja arusaamade väljaselgitamisega ning lõppevad probleemülesannete lahendamisega. Iga teema annab võimaluse õpilastel eeskätt uurida teaduslikke lähenemisi ja seaduspärasusi, selgitada nähtut, jagada kogemusi klassikaaslastega ning rakendada omandatud uutes situatsioonides (NSRC, 1998).

Tabel 2. *Science and Technology Concepts*TM õppekava klassidele 1-8 (CCSM)

Klass	Elukeskkond ja loodusnähtused		Aine omadused, füüsilised seaduspärasused ja tehnoloogia	
	Elu Maal	Maa dünaamilised süsteemid	Keemia	Füüsika
1	Organismid	Ilm	Tahkised ja vedelikud	Võrdlemine ja mõõtmine
2	Liblikate elutsüklid	Pinnased Muld	Muutused	Tasakaalustamine ja kaalumine
3	Taimede kasv ja arenemine	Kivimid ja mineraalid	Keemilised katsed	Heli
4	Loomade uurimine	Maa ja vesi	Toidukeemia	Vooluringid
5	Mikromaailmad	Ökosüsteemid	Ujumine ja uppumine	Liikumine
6-8	Seedimine ja liikumine	Ilm ja kliima	Ainete omadused	Jõud ja liikumine
	Hingamine ja vereringe	Päike-Maa-Kuu süsteem	Segud, ühendid ja elemendid	Mootorid ja masinad
	Bioloogiline mitmekesisus ja vastastikune sõltuvus	Planeetide süsteem		Elekter ja vooluringid
	Organismide paljunemine ja areng	Laamtektoonika		Valgus
				Elektrisüsteemid
				Optilised süsteemid

Uuringud on näidanud, et kõige loomulikum ja efektiivsem viis loodusteadusi õppida on läbi praktiliste uurimulike ülesannete (Research..., 2010). 2005. aastal läbiviidud uuringus hinnati STCTM programmi ning traditsioonilise programmi (töövihiku) järgi õppivate õpilaste eel- ja järeltestide tulemusi. Õpilaste, kes õppisid STCTM õppekava järgi, testi tulemused paranesid 4% võrreldes kontrollgrupiga, kelle tulemused paranesid 1,7%. Kusjuures STCTM materjali läbinud kasutasid teaduslikku terminoloogiat 81% juhtudest, kui töövihiku järgi õppinud õpilased olid võimelised tegema sama vaid 20% juhtudest (Einstein Project, 2005; Research..., 2010).

St. Norbert College Survey Center kirjutas oma uurigu kokkuvõttes, et õpilased, kes läbisid uurimuliku õppe programmi (nagu STCTM) on võimelisemad paremini „tegema teadust“ kui need, kes õpivad töövihikute abil (Einstein Project, 2005). See tähendab seda, et uurimuliku õppe programmi järgi õppinud õpilased on võimelisemad paremini sooritama ülesandeid, esitama küsimusi ja kirjeldama teaduslikke seaduspärasusi.

1.4. Hapete ja aluste käsitlemine Eesti põhikooli riiklikus õppekavas ja STC™ õppekavas

Eesti põhikooli riikliku õppekava (2010) järgi omandavad õpilased III kooliastmes teadmisi ainete omadustest, oskusi keemilistes nähtustes orienteeruda ning suutlikkuse mõista eluslooduses ja inimtegevuses toimuvate keemiliste protsesside seaduspärasusi. Seejuures arendatakse eksperimenteerimisoskust ja olmekeemia ohutut kasutamist.

Teema „Happed ja alused – vastandlike omadustega ained“ leiab käsitlemist Eesti põhikooli riiklikus õppekavas III kooliastme juures. Teema omandamiseks on riiklikus õppekavas (2010) esitatud 7 õpitulemust. Selle järgi õpilane:

- 1) tunneb valemi järgi happeid, hüdroksiide (kui tuntumaid aluseid) ja soolasid ning koostab hüdroksiidide ja soolade nimetuste alusel nende valemeid (ja vastupidi);
- 2) mõistab hapete ja aluste vastandlikust (võimet teineteist neutraliseerida);
- 3) hindab lahuse happelisust, aluselisust või neutraalsust lahuse pH väärtuse alusel; määrab indikaatoriga keskkonda lahuses;
- 4) toob näiteid tuntumate hapete, aluste ja soolade kasutamise kohta igapäevaelus;
- 5) järgib leeliste ja tugevate hapetega töötades ohutusnõudeid;
- 6) koostab ning tasakaalustab lihtsamate hapete ja aluste vaheliste reaktsioonide võrrandeid;
- 7) mõistab reaktsioonivõrrandite tasakaalustamise põhimõtet.

Teemaga „Happed ja alused – vastandlike omadustega ained“ omandavad õpilased 8. klassis esmase ettekujutuse anorgaaniliste ainete põhiklassidest ja nende omadustest (Õpetaja töökava näidis 8. klass, 2013) – sellega rajatakse ühtlasi alus ainete põhiklasside põhjalikumaks käsitlemiseks 9. klassis (Õpetaja töökava näidis 9. klass, 2013).

STC™ õppekavas tutvustatakse teemaga „Keemilised katsed“ algkooli õpilastele keemiat (CCSM). Teema eeldab õpilastelt kriitilist mõtlemist avastamiseks ja tuvastamiseks enda jaoks ainete omadusi, et nende kaudu kirjeldada tundmatuid aineid. Peatükis tegeletakse muuhulgas happeliste, aluselist ja neutraalsete ainetega.

Põhikoolis keskendutakse STCTM õppekavas ainete omaduste uurimisele põhjalikumalt. Näiteks tutvutakse ainete füüsikaliste ja keemiliste omadusega; puhaste ainete ning ainete segude korral õpitakse kasutama erinevaid meetodeid nende lahutamiseks. Teema „Segud, ühendid ja elemendid“ juures käsitletakse vesiniku ühendeid (sh happed), happelisi ja aluselisi oksiide, metallide reageerimist hapetega (CCSM). Hapete ja aluste omaduste ja koostise kohta aga saavad õpilased oma teadmisi laiendada lisalugemisega. Nii STCTM kui Eesti riiklikus põhikooli õppekavas rõhutatakse õpitava seostamist igapäevaeluga.

Keemiaõppe üks olulisi eesmärke on loodusteaduslikule meetodile tuginevate probleem- ja uurimuslike ülesannete lahendamise kaudu omandada ülevaade keemiliste protsesside rollist looduses ja tehismailmas (PRÕK, 2010). Seega oleks otstarbekas ka hapete ja aluste teema õppimisel rakendada uurimuslikku õpet, mis sisaldaks ka praktilisi ülesandeid.

Teema „Happed ja alused – vastandlike omadustega ained“ juures tuuakse õppekavas praktiliste töödena ära hapete ja aluste kindlakstegemine indikaatoriga ning neutralisatsioonireaktsiooni uurimine. Keemia näidis õpetaja töökavas 8. klassile (2013) on veel lisatud NaOH ja Ca(OH)₂ omaduste (lahustuvus, toime indikaatoritesse) võrdlemine. Teema läbimisel pööratakse tähelepanu tugevate hapete ja aluste ohtlikkusele ja näitlikustatakse seda demonstratiivkatsetega tugevate hapete (nt H₂SO₄) söövitavatest omadustest.

STCTM ja Eesti riiklikus õppekavas esitatud praktiliste tööde tegemisega omandavad õpilased vajalikud praktilise töö oskused: õpivad ohutult kasutama laboris ja argielus vajalikke katsevahendeid ning kemikaale, hindama olmekemikaalide ja igapäevaelus ning tehnoloogias kasutatavate materjalide ohtlikkust inimese tervisele ja looduskeskonna seisundile.

1.5. Hapete ja aluste õppimisel sagedamini esinevad vead

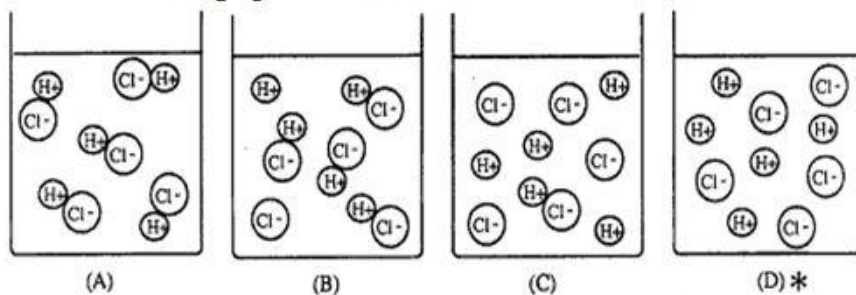
Paljudel õpilastel vanuses 11-18 esinevad raskused abstraktsete ideede, kaasaarvatud keemia, mõistmisel (Kind, 2004). Õpilased suudavad pähe õppida edukalt definitsioone ja algoritme, ent ei saa siiski aru üldisest keemia kontseptsioonist (Smith and Metz, 1996). Käesoleva uurimistöö raames ei leitud Eestis tehtud uuringuid hapete ja aluste teema käsitlemise juures esinevatest vigadest, mistõttu toetutakse väliskirjandusele.

Vanessa Kind (2004) võtab oma raamatus „*Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*“ mitmete autorite poolt läbiviidud uuringute tulemused kokku ning esitab 4 põhilist sisulist viga, mida õpilased hapete ja aluste teema juures teevad.

- 1) Happed võivad põletada ja süüa materjali ära. Õpilased usuvad, et happed on aktiivsed ained, mis kahjustavad nahka ja teisi materjale – need on ohtlikud ained. Happeid nähakse kui eriliste omadustega aineid, ent mitte mikroosakestena.
- 2) Neutralisatsioon tähendab hapete lagunemist. Happe ja aluse vahelise reaktsiooni asemel nähakse neutralisatsiooni pigem happe omaduste kõrvaldamisena. Selle kohaselt võib alus peatada happe toime või lagundada happe.
- 3) Alused pärsivad hapete põletavaid omadusi. Õpilased puutuvad kokku hapetega märksa varem kui alustega, mistõttu tuntakse aluseid tunduvalt vähem. Arvatakse, et alustel pole söövitavaid omadusi, vaid need käituvad hapete omaduste kõrvaldajana ehk takistavad hapetel materjale söövitamast.
- 4) Hape sisaldab vesiniku ioone, ent hape esineb lahuses molekulina. Hästi teatakse, et hapete omadused on tingitud vesinikioonide esinemisest, ent neid nähakse molekuli koostises, mis keemilistes reaktsioonides vahetavad oma kohti.

Smith ja Metz (1996) Texase Tehnikaülikoolist uurisid muuhulgas õpilaste arusaamist hapete tugevusest. Õpilastele esitati kaks joonistega küsimust. Esimeses küsimuses (Joonis 2) pidi õpilased märkima ära joonise, mis kujutab tugevat hapet ning põhjendama oma valikut. Kõige rohkem valiti variante (A) ja (D) (Joonis 2). Valikut (A) põhjendati enim sellega, et tugeval happel on tugev side. Õpilased uskusid, et vastaslaenguga ioonid seostuvad tugevalt tugevas happes. Toodi välja ka seda, et tugev hape ei lagune ja ei dissotsieeru.

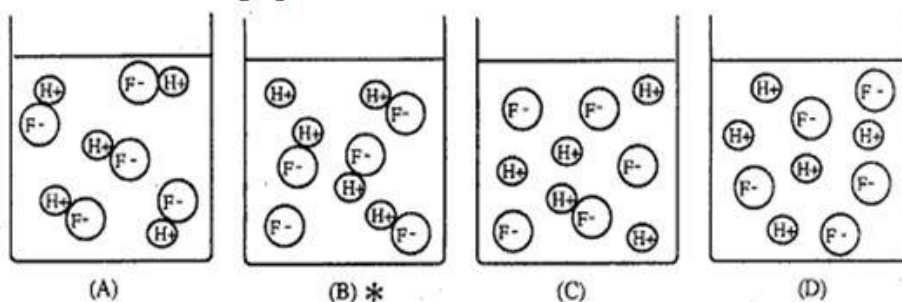
Vesinikkloriidhape, HCl , on tugev hape. Milline mikroskoopiline esitus illustreerib seda kõige paremini?



Joonis 2. Küsimus tugevat hapet kujutava joonise kohta. * - õige vastus (Smith & Metz 1996)

Teises küsimuses (Joonis 3) pidid õpilased märkima ära nõrka hapet kujutava joonise ning samuti oma valikut põhjendama. Mitmed õpilased valisid variandi (A) või (D) (Joonis 3), vastates eelmisele küsimusele vastupidiselt. Õpilased põhjendasid oma valikut, et kui variant (A) eelmises küsimuses oli tugev hape, siis valik (D) selles küsimuses peab illustreerima nõrka hapet ja vastupidi. Õpilased uskusid, et nõrka hapet on kerge osadeks lõhkuda nõrkade sidemete või nõrkade jõudude tõttu laenguga osakeste vahel. Mitu õpilast hindasid küsimust liiga raskeks ning oletasid vastuse.

Vesinikfluoriidhape, HF , on nõrk hape. Milline mikroskoopiline esitus illustreerib seda kõige paremini?



Joonis 3. Küsimus nõrka hapet kujutava joonise kohta. * - õige vastus (Smith & Metz 1996)

Nendest tulemustest selgub, et õpilased teavad hapete ja aluste definitsioone, ent jäävad hätta selle visualiseerimisega mikro- ja sümboltasandil (Smith & Metz, 1996).

Kind (2004) pakub välja 3 soovitud eespool nimetatud vigade vältimiseks.

- 1) Õpetada happeid ja aluseid paralleelselt. Happeid ja aluseid tuleks käsitleda samaaegselt, et need oleksid õpilastele ühtmoodi tuttavad. Hea võimalus seda teha on tutvustada lahuse keskkonda ja pH-skaalat koduses majapidamises leiduvate lahustega. Kindlasti tuleks demonstreerida ka aluste söövitavat toimet, et õpilastel ei jääks arusaamine, et need on ohutud ained.
- 2) Näidata erinevust „tugeva“ ja „nõrga“ ning „kange“ ja „lahja“ vahel. Oluline on panna õpilased aru saama sisuliselt hapete ja aluste tugevusest ning kontsentratsioonist.
- 3) Käsitleda neutralisatsiooni kui happe ja aluse vahelist reaktsiooni. Teema õppimiseks võib kasutada näiteks tiitrimist jälgides katse käigus pH ja temperatuuri muutusi. Molekulmudelite kasutamine aitab neutralisatsiooni visualiseerida ning näidata, et tekib sool ja vesi.

Smith ja Metz (1996) lisavad, et õpitava visualiseerimine mikro- ja sümboltasandil selgitab õpitut paremini, mistõttu soovivad nad kasutada sarnaseid aineosakeste mikroskoopilisi esitusi nagu joonisel 2 ja 3.

II MATERJALID JA METOODIKA

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli hinnata 8. klassi õpilaste arusaamist hapetest ja alustest kasutades STCTM õppekava strateegial põhinevat õppematerjali ning selgitada välja õpilaste hinnangud loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele. Eesmärkidest lähtuvalt sõnastati järgmised uurimisküsimused:

1. Kuidas muutub õpilaste arusaamine hapetest ja alustest kasutades STCTM õppekava põhimõttel koosatud õppematerjali?
2. Millised on sagedamini esinevad vead õpilaste järeltestides?
3. Millised on õpilaste hinnangud loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele?

Eesmärkide saavutamiseks ja uurimisküsimustele vastamiseks koostati STCTM õppekava põhimõttel õppematerjal „Happed ja alused“. Õpilaste arusaamise muutuse hindamiseks kasutati eel- ja järelteste. Hapete ja aluste teemast arusaamisel esinevate vigade väljaselgitamiseks analüüsiti järeltestide tulemusi ning viidi läbi intervjuud õpilastega. Uuringus osalenud õpilaste hinnangud kasutatud õppematerjalile kajastuvad hinnanguküsimustiku tulemustes.

2.1. Materjalid

Lähtuvalt uurimistöö eesmärgist koostati 2013. aasta esimesel poolel STCTM õppekava põhimõtetele vastav õppematerjal 8. klassile teemal „Happed ja alused“ (Lisa 1 ja 2), mis on kooskõlas 2010. aastal vastu võetud Eesti põhikooli riikliku õppekavaga.

Valminud õppematerjal koosneb kahest osast:

- 1) sissejuhatavad teoreetilised tekstid ja ülesannete kirjeldused koos töövahendite loetelu ja töö käigu kirjeldustega (Lisa 1);
- 2) õpilaste loodusteaduslik päevik töölehtedega (Lisa 2).

Õppematerjal koosneb kolmest peatükist ja sisaldab kokku üheksa praktilist ülesannet (Tabel 3). Kõik praktilised tööd tehakse paarides või 3-liikmelistes rühmades. Iga ülesande juurde kuulub 1-3 töölehte vastavalt ülesande sisule, millele õpilased panevad kirja kõik ülesande käigus ilmnunud tähelepanekud ja katse tulemused, analüüsivad tulemusi, teevad kokkuvõtteid ja sõnastavad järeldusi.

Tabel 3. Teemade ja ülesannete jaotus õppematerjalis „Happed ja alused“

Teema nr	Teema	Ülesanded
I	Lahused ja ainete lahustamine	<i>Ülesanne 1: Lahuste kirjeldamine</i>
II	Elektrolüütide lahused	<i>Ülesanne 2: Mis on elektrolüüt</i> <i>Ülesanne 3: Tugev ja nõrk elektrolüüt</i>
III	Happed ja alused	<i>Ülesanne 4: Happed ja alused</i> <i>Ülesanne 5: Hapete tugevus</i> <i>Ülesanne 6: Kas hapete lahused juhivad elektrit</i> <i>Ülesanne 7: Aluste tugevus</i> <i>Ülesanne 8: Kas aluste lahused juhivad elektrit</i> <i>Ülesanne 9: Happed, alused ritta – üks, kaks kolm!</i>

Vastavalt loodud õppematerjalile ja õpilaste arvule koostati katsevahendite komplektid.

2.2. Uuringu ülesehitus

Käesolev uuring viidi läbi kahes osas: oktoobris 2013 toimus pilootuuring ning veebruaris 2014 toimus põhiuuring. Uuringu teostamise ajalist jaotust kirjeldab Joonis 4.



Joonis 4. Uuringu ülesehitus ja tegevuste ajaline jaotus

Pilootuuringu andmeid analüüsiti ning saadud tulemustest lähtuvalt tehti järgmised muudatused:

- 1) lihtsustati osaliselt õppematerjali selgitavate osade sõnastusi, lisati rohkem näiteid igapäevaelust ja illustreerivaid jooniseid;
- 2) parandati töö käikude sõnastust;
- 3) täiendati eel- ja järeltestide jooniseid ja parandati küsimuste sõnastust;
- 4) vähendati hinnanguküsimustiku mahtu, kuna küsimused kordusid või ei olnud kooskõlas uurimistöö eesmärgiga ning nende vastamiseks kulub planeeritust rohkem aega.

Parandustele järgnes põhiuuringu läbiviimine. Õppematerjali läbimiseks ja ülesannete täitmiseks kulub 6 – 7 koolitundi (Tabel 4) – sama aeg kulub ka aineõpetajal nimetatud teemade läbimiseks kasutades traditsioonilist õpetaja- ja ainekeskset õpet. Nii piloot- kui põhiuuringus lähtuti Tabel 4 esitatud tunnijaotuskavast. Pilootuuringu tunnid viis läbi aineõpetaja, põhiuuringu tunnid viis läbi magistratöö autor koos aineõpetajaga.

Tabel 4. Tunnijaotuskava õppematerjali „Happed ja alused“ läbiviimiseks

Tunni nr	Tunni teema	Tegevused
1	Sissejuhatus Lahused ja ainete lahustamine	<i>Teema ja õppematerjalide tutvustus</i> <i>Eeltesti täitmine</i> <i>Ülesanne 1: Lahuste kirjeldamine</i>
2	Elektrolüüdid	<i>Ülesanne 2: Mis on elektrolüüt</i> <i>Ülesanne 3: Tugev ja nõrk elektrolüüt</i>
3	Lahused ja elektrolüüdid Happed ja alused	<i>Kokkuvõtte ja arutelu</i> <i>Ülesanne 4: Happed ja alused</i>
4	Hapete ja aluste tugevus	<i>Ülesanne 5: Hapete tugevus</i> <i>Ülesanne 6: Kas hapete lahused juhivad elektrit</i> <i>Ülesanne 7: Aluste tugevus</i> <i>Ülesanne 8: Kas aluse lahused juhivad elektrit</i>
5	Happed ja alused Lahuste pH	<i>Kokkuvõtte ja arutelu</i> <i>Ülesanne 9: Happed, alused ritta – üks, kaks, kolm!</i>
6	Happed ja alused Lahuste pH	<i>Tulemused ja arutelu</i> <i>Järeltesti ja hinnanguküsimustiku täitmine</i>

Põhiuuringule järgnes esmane andmete analüüs, mille põhjal viidi läbi intervjuud õpilastega ja saadi tagasiside aineõpetajalt. Täiendavad analüüsid ja tulemuste esitamine toimus 2014. aasta mais.

2.3. Valim

Käesolevas uurimistöös kasutati andmete kogumiseks mittetõenäosuslikku mugavusvalmit (Cohen *et al*, 2007). Uuringus osalesid õpilased, kelle õpetaja oli nõus materjali testima. Väikese valimi tõttu iseloomustavad käesoleva töö järeldused vaid uuringus osalenud grupe ning seega ei saa üldistusi teha kogu populatsioonile.

Valimi moodustasid 38 õpilast kahest 8. klassist: Tartu Raatuse kooli üks 8. klass 19 õpilasega (11 tüdrukut ja 8 poissi) ning Tartu Forseliuse Kooli üks 8. klass 19 õpilasega (13 tüdrukut ja 6 poissi) (Tabel 5). Kõik õpilased õpivad keemiat 2 tundi (45 minutit) nädalas ning neil on sama keemiaõpetaja.

Tabel 5. Uuringus osalenud õpilaste arv kooliti

Kool	Tüdrukuid	Poisse	Kokku
<i>Tartu Raatuse Kool</i>	11	8	19
<i>Tartu Forseliuse Kool</i>	13	6	19
Kokku	24	14	38

Andmeanalüüsil arvestati kõikide õpilaste tulemusi, kellel olid tehtud nii eel- ja järeltestid kui täidetud hinnanguküsimustik. Kuna üks õpilane puudus eeltesti täitmise ajal, analüüsiti 38 õpilasest 37 õpilase eel- ja järeltesti tulemusi ning 38 õpilase hinnanguküsimustikke.

2.4. Uuringu instrument

Uurimistöö eesmärkide saavutamiseks ja uurimisküsimustele vastamiseks kasutati järgmisi instrumente: õpilaste eel- ja järeltestid, hinnanguküsimustikud, intervjuu õpilastega ning õpetaja tagasiside küsimustik.

2.4.1. Eel- ja järeltestid

Õpilaste arusaamise muutuse hindamiseks koostati eel- ja järeltestid. Eeltest viidi läbi enne õppematerjali rakendamist, järeltest kohe peale materjali läbimist. Eel- ja järeltesti vastuste võrdlus võimaldas hinnata õpilaste arusaamise muutust loodud õppematerjali rakendamise tulemusena ja leida vastus magistritöö esimesele uurimisküsimusele. Hapete ja aluste teemast arusaamisel esinevate vigade väljaselgitamiseks analüüsiti järeltestide tulemusi ning vesteldi õpilastega.

Eeltest (Lisa 3) koosnes kaheksast valikvastusega küsimusest ja ühest avatud küsimusest. Järeltest (Lisa 4) koosnes samadest küsimustest ja ühest lisaülesandest. Iga valikvastust tuli õpilastel põhjendada. Alljärgnevalt on toodud ära testi küsimused ning nende vastamiseks vajalikud teadmised:

1. Millisel joonisel on kujutatud lahust?

Õpilane peab teadma, et lahuses on lahustunud aine lahustis ühtlaselt jaotunud.

Mikrotasand

2. Milline järgmistest joonistest kujutab tugevat elektrolüüti?

Õpilane peab teadma, et tugev elektrolüüt on jaotunud lahuses täielikult ionideks.

Mikro- ja sümboltasand (laengud)

3. Milline joonis kujutab lahust, mis juhib elektrit halvasti?

Õpilane peab teadma, et lahus juhib halvasti elektrit juhul kui seal on vähe laenguga osakesi (nõrk elektrolüüt).

Mikro- ja sümboltasand (laengud)

4. Millisel joonisel on kujutatud happe lahust?

Õpilane peab teadma, et hape koosneb vesiniku ionidest ja happeanioonidest ning et lahustumisel on selles lahuses vesinikioonid ja happeanioonid.

Mikro- ja sümboltasand (elementide tähised, laengud)

5. Milline joonis kujutab tugevat hapet?

Õpilane peab teadma, et tugev hape (nagu tugev elektrolüüt) jaguneb lahustumisel täielikult ionideks (molekule lahuses pole).

Mikro- ja sümboltasand (elementide tähised, laengud)

6. Milline joonis kujutab nõrka hapat?

Õpilane peab teadma, et nõrk hape (nagu nõrk elektolüüt) jaguneb lahustumisel osaliselt ioonideks ning tegema valiku, kus on kõige vähem ioone.

Mikro- ja sümboltasand (elementide tähised, laengud)

7. Millisel juhul on joonisel kujutatud aineosakesi sisaldav lahus aluselise keskkonnaga?

Õpilane peab teadma, et aluselise keskkonna lahuses annavad hüdroksiidioonid.

Mikro- ja sümboltasand (elementide tähised, laengud)

8. Millise joonisel kujutatud lahuse osakeste korral on lahuse pH = 7?

Õpilane peab teadma, et pH = 7 tähendab, et lahuse keskkond on neutraalne, seega lahuses on vesiniku ioone ja hüdroksiidioone võrdses koguses.

Mikro- ja sümboltasand (elementide tähised, laengud)

9. Selgita võimalikult täpselt väljendi „lahuse pH < 7“ („lahuse pH on väikem kui 7“) sisu.

Õpilane peab teadma, et pH < 7 iseloomustab lahuse happelist keskkonda ning sellises lahuses on ülekaalus H⁺ ioonid.

Järeld testi lisaülesandes (10. küsimus) peab õpilane tuvastama esitatud probleemi põhjuse tuginedes omandatud teadmiste ja arusaamiste ning pakkuma võimaliku lahenduse. Õpilane peab teadma, et naatriumhüdroksiid on alus, pH 1-2 iseloomustab happelist lahust ning et happed ja alused on vastandlike omadustega ained ning neutraliseerivad teineteist.

2.4.2. Õpilaste hinnangüküsimustik

Lähtuvalt magistritöö kolmandast uurimisküsimusest koostati õpilastele hinnangüküsimustik (Lisa 5). Hinnangüküsimustik valideeriti ekspertgrupi poolt ning piloteeriti 2013. aasta oktoobris. 2014. aasta veebruaris viidi läbi põhiuuring. Hinnangüküsimustikule vastasid kõik 38 uuringus osalenud õpilast ning küsimustiku täitmine oli eetilistel kaalutlustel anonüümne.

Hinnangüküsimustik koosnes 12 väitest õppematerjali ja selle rakendamise kohta. Õpilased pidid hindama, mil määral nad esitatud väidetega nõustuvad. Väidetele sai vastata 4-astmelisel Likerti skaalal: „Ei nõustu üldse“, „Pigem ei nõustu“, „Pigem nõustun“ ja „Nõustun täiesti“. Iga väite korral tuli õpilastel ka põhjendada oma arvamust.

2.4.3. Intervjuu õpilastega ja aineõpetaja tagasiside

Kolmanda andmekogumise allikana kasutati mitteformaalset vestlus-tüüpi intervjuud õpilastega ja õpetaja tagasiside küsimustikku. Tagasiside andmine toimus 2014. aasta märtsi lõpus ja aprilli alguses.

Peale esmast testide tulemuste analüüsi sorteeriti välja korduvate vigadega järeltestid. Nende hulgast omakorda valiti välja õpilased, kellega viidi läbi intervjuu. Vestlusega sooviti teada saada, miks õpilased ühe või teise valiku tegid ja / või miks nad nii oma valikut põhjendasid või jätsid põhjendamata. Kokku intervjuueriti 10 õpilast, kellest 6 oli Tartu Raatuse Kooli õpilased ja 4 Tartu Forseliuse Kooli õpilased. Kummaski koolis kestsid intervjuud kokku 45 minutit ning õpilased vestlesid 2-3 kaupa.

Samuti küsiti tagasisidet aineõpetajalt. Aineõpetaja tagasiside küsimustik (Lisa 6) koosnes 10 avatud küsimusest õppematerjali sisu ja selle rakendamise kohta keemia tundides. Aineõpetaja vastas esitatud küsimustele kirjalikult.

Õpilaste intervjuude ja aineõpetaja tagasiside küsimustiku andmed on lisatud testide ja õpilaste hinnanguküsimustike tulemuste ja arutelu juurde.

2.5. Andmeanalüüs

Käesolevas magistritöös kasutati andmete kogumiseks õpilaste eel- ja järelteste, hinnanguküsimustikke, intervjuud õpilastega ja õpetaja tagasiside küsimustikku. 38-st uuringus osalenud õpilasest analüüsiti 37 õpilase eel- ja järelteste, kuna üks õpilane puudus eeltesti täitmise ajal ning 38 õpilase hinnanguküsimustikke. Eel- ja järeltesti täitnud õpilased on kodeeritud ja hinnanguküsimustik oli anonüümne.

Numbrilised andmed kanti *MS Exceli* tabelarvutusprogrammi, korrastati ning analüüsiti. Tabelite ja jooniste koostamiseks kasutati *MS Excel* tabelarvutusprogrammi.

Analüüsist selgus, et kõik andmed ei vastanud normaaljaotusele – ekstsessi- ja asümmeetriakordajad (*kurtosis, skewness*) peavad jääma -2 ja 2 vahele. Seega ei saanud kasutada andmeanalüüsil ainult parameetrilise statistika meetodeid.

Eel- ja järeltesti vastuseid hinnati vastavalt hindamisjuhendile (Lisa 7). Küsimuste keskmisi tulemusi illustreerivatele joonistele on lisatud keskmise tulemuse standardviga (*SEM, Standard Error of Mean*), mis võimaldab esitatud keskväärtusi omavahel võrrelda.

Esimesele uurimisküsimusele vastuse leidmiseks võrreldi eel- ja järeltesti andmeid, et hinnata õpilaste arusaamise muutust hapest ja alustest loodud õppematerjali rakendamisel. Andmeid analüüsiti *IBM SPSS Statistics 20* programmis sõltumatute valimite t-testi abil, kuna eel- ja järeltesti keskmised tulemused vastasid normaaljaotusele. Eel- ja järeltestis küsimustele täiesti õigesti vastanud õpilaste arvu muutust analüüsiti *SPSS* programmis Wilcoxon *signed-rank* testiga. Järeltesti ja lisaülesande tulemuste vahelise seose leidmiseks viidi andmetega *SPSS* programmis läbi Pearsoni korrelatsioonanalüüs, kuna analüüsitud andmed vastasid normaaljaotusele ja paiknevad pidevskaalal.

Hinnanguküsimustiku väiteid hindasid õpilased Likerti skaalal, mida oli seetõttu lihtne üle kanda numbrilisteks näitejateks. Vastust „Ei nõustu üldse“ hinnati väärtusega 1, vastust „Pigem ei nõustu“ hinnati väärtusega 2, vastust „Pigem nõustun“ hinnati väärtusega 3 ning vastust „Nõustun täiesti“ väärtusega 4. Õpilaste hinnanguküsimustike andmeid analüüsiti *MS Excel* tabelarvutusprorgammiga ning leiti igale väitele hinnangute aritmeetiline keskmine (*mean*), mood (*mode*) ning mediaan (*median*).

Intervjuudest õpilastega ja õpetaja tagasiside küsimustikust saadud andmeid kasutati eel- ja järeltesti ning hinnanguküsimustike tulemuste ja arutelu toetamiseks.

III TULEMUSED JA ARUTELU

Käesolevas töös leiti püstitatud uurimisküsimustele vastused analüüsides 8. klassi õpilase eel- ja järeltestide, hinnanguküsimustike, õpilaste intervjuude ja aineõpetaja tagasiside andmeid. Tulemused on esitatud uurimisküsimuste kaupa. Peatüki esimeses osas võrreldakse eel- ja järeltesti tulemusi, et hinnata õpilaste arusaamise muutust hapetest ja alustest. Teiseks esitatakse õpilaste järeltestides sagedamini esinenud vead ja nende võimalikud põhjused. Kolmandas osas tuuakse välja õpilaste hinnangud koostatud õppematerjalile ja selle rakendamisele.

3.1. Õpilaste arusaamise muutused kasutades STCTM õppekava põhimõttel koostatud õppematerjali

Võrreldes uuringus osalenud koolide (Tartu Forseliuse Kooli ja Tartu Raatuse Kooli) 8. klasside õpilaste eeltestide tulemusi omavahel sõltumatute valimite t-testiga, selgub, et eeltesti tulemused ei erine statistiliselt olulisel määral ($t = 0,87$; $p > 0,05$) (Tabel 6). Tartu Forseliuse Kooli 8. klassi õpilased ($n = 19$) kogusid eeltestist keskmiselt 6,6 punkti ning Tartu Raatuse kooli 8. klassi õpilased ($n = 18$) keskmiselt 5,9 punkti.

Tabel 6. Tartu Forseliuse Kooli ($n = 19$) ja Tartu Raatuse Kooli ($n = 18$) 8. klassi õpilaste eel- ja järeltestide tulemuste erinevus analüüsituna sõltumatute valimite t-testiga

Test	Kool	Aritmeetiline keskmine, m	SD*	SEM**	t	p
Eeltest	Forseliuse Kool	6,6	2,7	0,63	0,873	0,418
	Raatuse Kool	5,9	2,4	0,57		
Järeltest	Forseliuse Kool	13,7	5,1	1,17	0,502	0,280
	Raatuse Kool	12,7	6,5	1,53		

*Standard Deviation (SD) - standardhälve

**Standard Error of Mean (SEM) – standardviga

Ka järeltestide tulemuste võrdlusest sõltumatute valimite t-testiga selgub, et Tartu Forseliuse kooli 8. klassi õpilaste järeltesti tulemused ($m = 13,7$ punkti) ei erine statistiliselt olulisel määral ($t = 0,50$; $p > 0,05$) Tartu Raatuse Kooli 8. klassi õpilaste tulemustest ($m = 12,7$ punkti) (vt Tabel 6). Nii eel- kui järeltestis võis maksimaalselt

koguda 26 punkti (kui välja arvata järeltesti 10.-s lisaülesanne). Nende tulemuste põhjal võib uuringus osalenud kahte klassi edasises analüüsis käsitleda ühe grupina.

Samuti ei erine statistiliselt olulisel määral tüdrukute ($n = 23$) ja poiste ($n = 14$) eeltestide ($t = -0,16$; $p > 0,05$) ega järeltestide ($t = -1,43$; $p > 0,05$) tulemused (Tabel 7). Tüdrukud kogusid eeltestist keskmiselt 6,2 punkti, poisid 6,4 punkti, järeltestist vastavalt aga 12,2 punkti ja 14,9 punkti. Seega ei saa tuua välja suuri erinevusi ka tüdrukute ja poiste tulemuste vahel.

Tabel 7. Uuringus osalenud tüdrukute ($n = 23$) ja poiste ($n = 14$) eel- ja järeltestide tulemuste erinevus analüüsituna sõltumatute valimite t-testiga

Test	Sugu	Aritmeetiline keskmine, m	SD*	SEM**	t	p
Eeltest	Tüdrukud	6,2	2,5	0,53	-0,157	0,944
	Poisid	6,4	2,7	0,73		
Järeltest	Tüdrukud	12,2	5,2	1,08	-1,430	0,115
	Poisid	14,9	6,5	1,73		

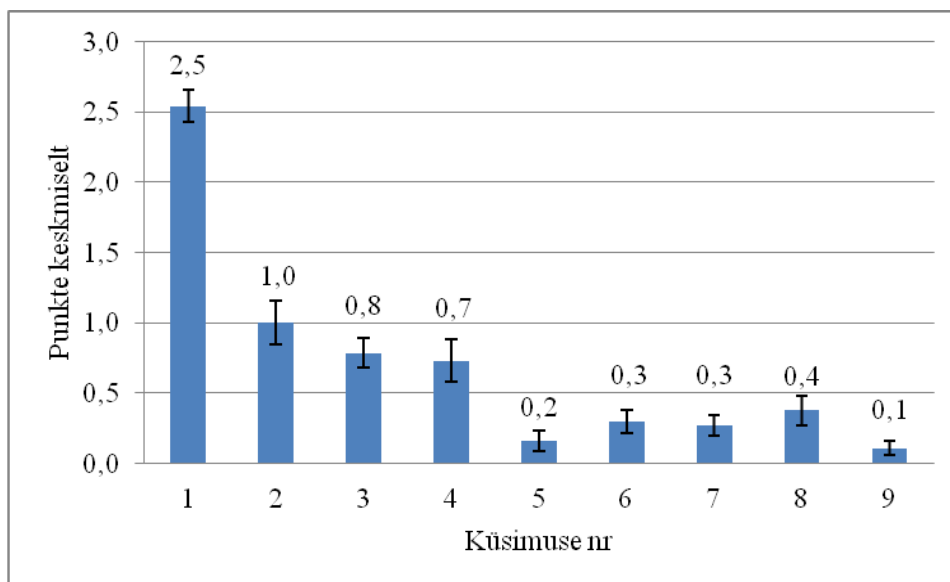
*Standard Deviation (SD) - standardhälve

**Standard Error of Mean (SEM) – standardviga

3.1.1. Eeltesti tulemused

Õpilaste esialgse arusaamise teemast „Happed ja alused“ selgitamiseks analüüsiti eelküsimustiku (Lisa 3) vastuseid. Joonisel 5 on esitatud õpilaste ($N = 37$) eeltesti keskmised tulemused küsimuste kaupa koos standardvigadega. Kaheksa küsimust olid valikvastuselised ning 9. küsimus oli vabavastuseline, mille eest võis maksimaalselt saada 2 punkti. Iga valikvastusega küsimuse eest võis kokku saada 3 punkti: 1 punkti õige valiku eest ja 2 punkti õige põhjenduse eest.

Eeltesti tulemuste analüüsist selgub, et kõige paremini oli vastatud esimene küsimus ($m = 2,5$), mis puudutas lahuse kujutamist mikrotasandil. Kõik 37 õpilast valisid 1. küsimuses õige vastusevariandi, nendest 24 ka põhjendasid oma valikut õigest ning üheksa osaliselt õigesti. Siit võib järeldada, et õpilased saavad aru, mis on lahus omades ettekujutust aineosakeste paiknemisest lahuses.



Joonis 5. Õpilaste (N = 37) eeltesti keskmised tulemused küsimuste kaupa koos standardvigadega: 1 – lahus, 2 – tugev elektrolüüt, 3 – nõrk elektrolüüt, 4 – hape, 5 – tugev hape, 6 – nõrk hape, 7 – aluseline lahus, 8 – pH, neutraalne lahus, 9 – pH, happeline lahus

Küsimuses 2 valisid 37-st õpilasest 23 õige tugevat elektrolüüti kujutava joonise, kellest vaid kaks oskasid seda õigesti põhjendada ja 10 õpilast osaliselt õigesti põhjendada. Keskmiselt koguti 2. küsimuse eest 1,0 punkti 3-st. Tulemustest ei selgu, kas teised õigesti vastanud õpilased teadsid õiget vastust või valisid õige vastusevariandi juhuslikult. Halvasti elektrit juhtivat lahust kujutanud vastusevariandi märkis 3. küsimuses õigesti üheksa õpilast 37-st, kellest üks põhjendas valikut täiesti õigesti ning üks osaliselt õigesti. 17 õpilast ei teinud küll õiget valikut, ent kirjutasid põhjendusse, et halvasti elektrit juhtiv lahus ei sisalda ioone. Tulemustest selgub, et 3. küsimuse keskmine skoor oli 0,8 punkti ning umbes pooled õpilastest seostasid elektrijuhtivust ionide esinemisega lahuses.

Neljanda küsimuse keskmiseks tulemuseks oli 0,7 punkti 3-st. 37-st õpilasest märkisid hapet kujutava joonise õigesti 17 õpilast, kellest kaheksa oskasid oma valikut ka põhjendada. Nii happe tugevuse (küsimused 5 ja 6) kui lahuse keskkonna (küsimused 7, 8 ja 9) kohta käivate küsimuste keskmised tulemused jäid väga madalaks. Õige tugevat hapet kujutava joonise (5. küsimus) märkisid õigesti 4 õpilast, kellest 1 oskas valikut osaliselt põhjendada, õige nõrka hapet kujutava pildi (6. küsimus) märkis õigesti aga 10 õpilast 37-st, kellest samuti vaid üks oskas osaliselt seda põhjendada. Sellest tulenevalt saadi 5. ja 6. küsimuse eest vastavalt 0,2 ja 0,3 punkti keskmiselt.

Seitsmendas küsimuses valis üheksa õpilast 37-st õige vastusevariandi aluselist lahust kujutama, ent valede või puudulike põhjenduste tõttu ei saa öelda, et nad seostasid lahuse aluselist keskkonda hüdroksiidioonide ülekaaluga lahuses. Tõenäoliselt olid vaid üksikud õpilased varem pH teemaga kokku puutunud, kuna 8. ja 9. küsimuses koguti keskmiselt 0,4 ja 0,1 punkti. Kuigi 8. ülesandes valis 12 õpilast õige pildi, mis kirjeldas lahust pH-ga 7, siis õigesti põhjendas oma vastust vaid üks õpilane. Samuti oskas vaid neli õpilast tuua välja, et väljend „pH < 7“ iseloomustab happelist lahust (küsimus 9).

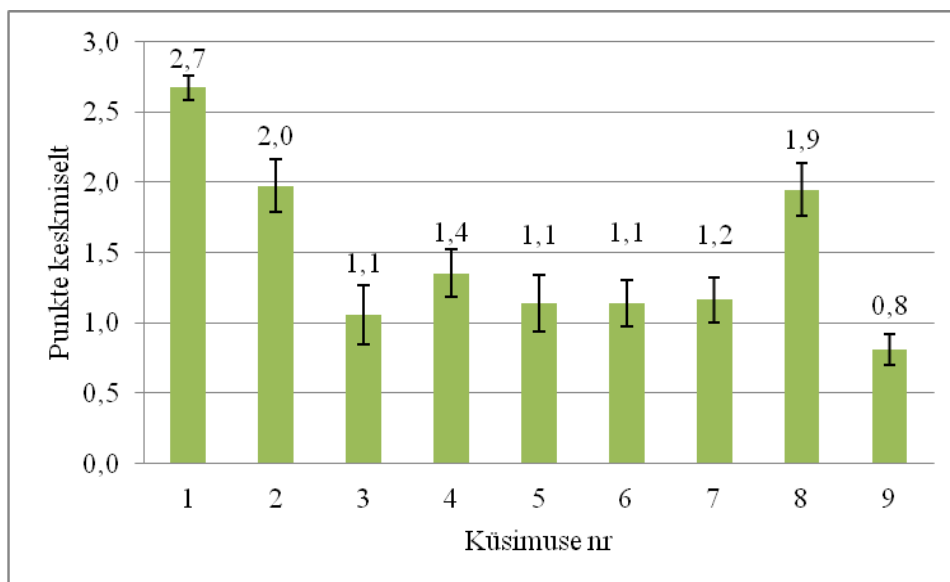
Keskmiselt kogusid õpilased eeltestist kokku 6,3 punkti 26 punktist. Kõige parem tulemus oli 12 punkti, mille saavutas üks õpilane ning kõige kehvem tulemus 3 punkti, mis oli kuuel õpilasel.

3.1.2. Järeld testi tulemused

Õpilaste järeld testide (Lisa 4) vastuste analüüsiga sooviti hinnata õpilaste arusaamist teemast „Happed ja alused“ pärast magistritöö raames loodud õppematerjali rakendamist. Järeld testi keskmised tulemused küsimuste kaupa koos standardvigadega on esitatud joonisel 6. Järeld test koosnes samadest küsimustest nagu eeltestki, millele oli lisatud lisaülesanne 10. küsimusena. Valikvastusega küsimusi oli kokku 8 ning 9. küsimus oli vabavastuseline, mille eest võiks maksimaalselt saada 2 punkti. Iga valikvastusega küsimuse eest võis kokku saada 3 punkti: 1 punkti õige valiku eest ja 2 punkti õige põhjenduse eest.

Järeld testi tulemuste analüüsist küsimuste kaupa selgub, et kõige paremini on vastatud 1. küsimus ($m = 2,7$), mille juures tuli märkida lahust kujutav pilt. Kõik 37 õpilast valisid õige vastusevariandi, nendest 26 põhjendasid oma vastust täiesti õigesti ning 10 osaliselt õigesti.

Üsna kõrge keskmise tulemuse saavutasid õpilased ka tugeva elektrolüüdi küsimuse juures ($m = 2,0$), mille korral valis õige pildi 29 õpilast 37-st, kellest omakorda 17 põhjendasid oma vastust täiesti õigesti ja kaheksa osaliselt õigesti. Vale variandi valinud õpilastest tõid kaks õpilast välja seose elektrolüüdi tugevuse ja ionide paljususe vahel. Lahuse elektrijuhtivust puudutava küsimuse juures (küsimus 3) jäid õpilased hätta õige vastusevariandi märkimisega, kogudes seega keskmiselt 1,0 punkti küsimuse eest.



Joonis 6. Õpilaste (N = 37) järeltesti keskmised tulemused küsimuste kaupa koos standardvigadega: 1 – lahus, 2 – tugev elektrolüüt, 3 – nõrk elektrolüüt, 4 – hape, 5 – tugev hape, 6 – nõrk hape, 7 – aluseline lahus, 8 – pH, neutraalne lahus, 9 – pH, happeline lahus

Küsimuses 4 valisid õige variandi happe lahuse kujutamiseks 37 õpilasest 27, kellest vaid viis põhjendasid oma vastust täiesti õigesti ja 13 osaliselt õigesti. Tugeva happe lahuse (küsimus 5) märkisid õigesti 17 õpilast, kellest kaheksa põhjendas täiesti õigesti ja viis osaliselt õigesti oma vastust ning nõrga happe lahuse (küsimus 6) märkis õigesti 19 õpilast 37-st, kellest omakorda kolm põhjendasid valikut õigesti ja 10 osaliselt õigesti. Kuuendas küsimuses vale valiku teinud 18 õpilasest viis tõi põhjenduses välja, et nõrga happe korral on lahuses vähe H^+ -ioone.

Aluselist keskkonda kujutava lahuse pildi (küsimus 7) vastasid õigesti 24 õpilast, ent vaid kolm õpilast oskas valikut õigesti põhjendada, 11 õpilast põhjendas osaliselt õigesti, mistõttu koguti selle küsimuse eest keskmiselt 1,2 punkti 3-st. Neutraalse lahuse ($pH = 7$) valis 8. küsimuses õigesti 29 õpilast, kellest 17 põhjendasid oma valikut täiesti õigesti, kuus õpilast osaliselt õigesti. Väljendi „lahuse $pH < 7$ “ selgituse juures (küsimus 9) tõid viis õpilast välja nii selle, et tegemist on happelise lahusega, kui ka selle, et seal on ülekaalus H^+ ioonid. 20 õpilast selgitas väite ära osaliselt, tuues välja kas selle, et lahus on happeline või lahus sisaldab H^+ ioone. Viimane, 9. küsimus oli ühtlasi ka kõige kehvemini vastatud ($m = 0,8$).

Esimese üheksa küsimuse eest said õpilased keskmiselt 13,2 punkti 26-st. Parim tulemus oli 24 punkti, mille saavutasid kaks õpilast. Kõige vähem punkte (4 punkti) sai üks õpilane.

Lisaks eelnevalt kirjeldatud üheksale ülesandele sisaldas järeltest ühte lisaülesannet (10. ülesanne), milles pidi õpilane tuvastama esitatud probleemi põhjuse tuginedes omandatud teadmistele ja arusaamisele ning pakkuma võimaliku lahenduse. Õige põhjuse välja toomise ja adekvaatse lahenduse eest võis kokku saada 4 punkti. Lisaülesande (10. ülesanne) eest koguti keskmiselt 2,0 punkti. Maksimaalse punktisumma ehk 4 punkti said üheksa õpilast, 3 punkti kogusid viis õpilast, 2 punkti seitse õpilast, 1 punkti sai kaheksa õpilast ning kaheksa õpilast jäi skoorita. Õige probleemi põhjuse ehk aluselise ja happelise toimeaine vahel toimunud neutralisatsiooni tõid välja 12 õpilast, kaheksa õpilast tabasid ära kasutatud ainete vastandlikkuse. 13 õpilast esitasid esitatud olukorrale sobiliku lahenduse, kogudes selle eest 2 punkti, 15 õpilast pakkusid samuti välja lahenduse, ent see ei olnud esitatud olukorras otstarbekas.

Õpilaste järeltesti ja lisaülesande tulemuste vahel seose leidmiseks teostati Pearsoni korrelatsioonanalüüs (Tabel 8), kuna andmed vastasid normaaljaotusele ning on pidevskaalal.

Tabel 8. Õpilaste (N = 37) järeltesti ja lisaülesande tulemuste vaheline seos analüüsituna Pearsoni korrelatsioonanalüüsiga

Tunnus	r	p
Järeltesti tulemused	0,749	0,000
Lisaülesande tulemused		

Analüüsist selgub, et õpilaste järeltesti ja lisaülesande tulemuste vahel esineb statistiliselt oluline positiivse suunaga tugev seos ($p < 0,001$; $r > 0,7$). Seega, mida kõrgem on saadud punktisumma järeltestis, seda kõrgemad punktid saadi lisaülesandes ning vastupidi.

3.1.3. Eel- ja järeltesti tulemuste võrdlus

Õpilaste arusaamise hapetest ja alustest muutuse hindamiseks on võrreldud eel- ja järeltesti tulemusi paariliste valimite t-testiga (Tabel 9), kuna andmehulgad vastavad normaaljaotusele.

Tabel 9. Õpilaste (N = 37) eel- ja järeltestide tulemuste erinevused ehk arusaamise muutused analüüsituna paariliste valimite t-testiga

Test	Aritmeetiline keskmine, m	SD*	SEM**	t	p
Eeltest	6,3	2,6	0,42	-8,349	0,000
Järeltest	13,2	5,8	0,95		

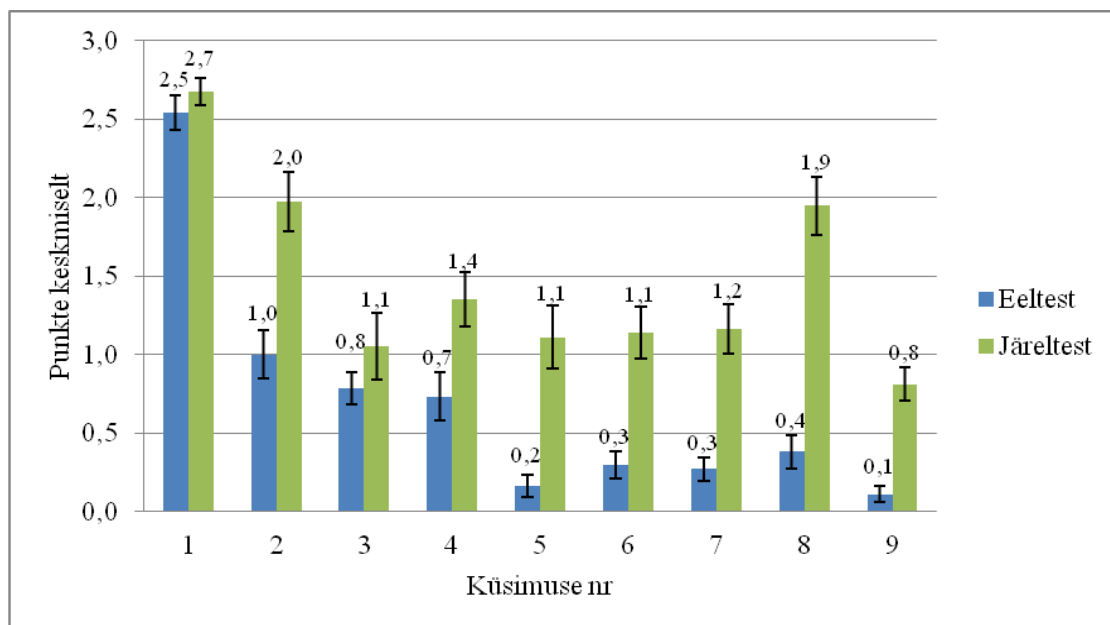
*Standard Deviation (SD) - standardhälve

**Standard Error of Mean (SEM) – standardviga

Tabelist 9 selgub, et õpilaste (N = 37) eel- ja järeltesti tulemused erinevad statistiliselt olulisel määral ($t = -8,3$; $p < 0,001$). Seega on järeltesti küsimustele vastatud tulemuslikumalt ($m = 13,2$) kui eeltesti küsimustele ($m = 6,3$).

Eel- ja järeltesti keskmiste tulemuste võrdlusest küsimuste kaupa (Joonis 7) selgub, et õpilaste keskmised tulemused paranesid kõigi küsimuste korral. Analüüsides Joonis 7 võib näha, et õppematerjali „Happed ja alused“ rakendamisega paranesid kõige enam õpilaste arusaamine tugevast elektrolüüdist (küsimus 2) ja $\text{pH} = 7$ kujutava pildi (küsimus 8) osas. Kui eeltestis saadi tugevat elektrolüüti kujutava vastusevariandi märkimise ja vastuse põhjendamise (küsimus 2) eest keskmiselt 1,0 punkti, siis järeltestis 2,0 punkti 3-st. Kaheksanda küsimuse keskmiste tulemuste erinevus eel- ja järeltesti vahel on veelgi suurem: eeltestis koguti keskmiselt 0,4 punkti, ent järeltestis keskmiselt 1,9 punkti 3-st.

Õpilaste arusaamine hapetest (küsimus 4) ja alustest (küsimus 7) on paranenud veidi vähem, kui eespool nimetatud teemad, ent kui eeltestis koguti 4. küsimuse eest keskmiselt 0,7 punkti ja 7. küsimuse eest vaid 0,3 punkti 3-st, siis järeltestis saadi vastavalt 1,4 ja 1,2 punkti. Sarnast arusaamise muutust on märgata ka happe tugevust puudutavate küsimuste juures (ülesanne 5 ja 6). Kui 5. küsimuse eest saadi eeltestis keskmiselt 0,2 punkti ja 6. küsimuse eest 0,3 punkti, siis järeltestis koguti mõlema ülesande eest keskmiselt 1,1 punkti 3-st.



Joonis 7. Õpilaste (N = 37) eel- ja järeltesti keskmised tulemused küsimuste kaupa koos standardvigadega: 1 – lahus, 2 – tugev elektrolüüt, 3 – nõrk elektrolüüt, 4 – hape, 5 – tugev hape, 6 – nõrk hape, 7 – aluseline lahus, 8 – pH, neutraalne lahus, 9 – pH, happeline lahus

Võrreldes eeltesti tulemusega ($m = 0,1$) osati järeltestis paremini selgitada ka väljendit „lahuse $\text{pH} < 7$ “ (küsimus 9), mille eest saadi keskmiselt 0,8 punkti 2-st.

Üsna väikene muutus tulemustes toimus 3. küsimuse juures, mille korral õpilased pidid märkima pildi, mis kujutab halvasti elektrit juhtivat lahust ning oma vastust põhjendama. Eeltestis koguti selle küsimuse eest keskmiselt 0,8 punkti ning järeltestis keskmiselt 1,1 punkti 3-st.

Olulist arusaamise muutust ei toimunud 1. küsimuses, mis puudutas lahuse teemat. Selle küsimuse keskmine tulemus oli juba eeltestis väga kõrge ($m = 2,5$) ning kasvas järeltestis väga vähe ($m = 2,7$).

Käesolevas töös lähtuti sellest, et õpilane saab aru, kui ta demonstreerib oma teadmisi, põhjendab neid ning esitab uues vormis. Seega kui õpilane on testi küsimuses teinud õige valiku ja seda õigesti põhjendanud (küsimused 1-8) või selgitanud esitatud väljendit (ülesanne 9) õigesti ehk saanud ülesande eest maksimaalsed punktis, võib väita, et õpilasel on teemast arusaamine. Tabel 10 on esitatud küsimuste kaupa täiesti õigesti vastanud õpilaste arvude muutus eel- ja järeltestis, mida on analüüsitud Wilcoxon *signed-rank* testi abil.

Tabel 10. Täiesti õigesti vastanud ehk maksimaalsed punktid saanud õpilaste arvu erinevus eel- ja järeltestis küsimuste kaupa analüüsituna Wilcoxon *signed-rank* testiga

Küs. nr	Eeltest	Järeltest	Positiivne muutus	Negatiivne muutus	Muutust pole toimunud	Z	p
1.	24	26	6	4	27	-0,632	0,527
2.	2	17	17	2	18	-3,441	0,0006 ^c
3.	1	9	8	0	29	-2,828	0,0047 ^b
4.	2	5	4	1	32	-1,342	0,180
5.	0	8	8	0	29	-2,828	0,0047 ^b
6.	0	3	3	0	34	-1,732	0,083
7.	0	3	3	0	34	-1,732	0,083
8.	1	17	17	1	19	-3,771	0,0002 ^c
9.	0	5	5	0	32	-2,236	0,025 ^a

^astatistiline olulisus $p < 0,05$

^bstatistiline olulisus $p < 0,01$

^cstatistiline olulisus $p < 0,001$

Tabelist 10 on näha, et iga küsimuse puhul on toimunud täiesti õigesti vastanud õpilaste arvu suurenemine, siis statistiliselt olulisel määral erinevad vastajate arvud 2. ($Z = -3,4$; $p < 0,001$), 3. ($Z = -2,8$; $p < 0,01$), 5. ($Z = -2,8$; $p < 0,01$), 8. ($Z = -3,8$; $p < 0,001$) ja 9. küsimuse ($Z = -2,2$; $p < 0,05$) korral. Kõige olulisem muutus toimus 8. ja 2. küsimuse juures. Küsimuses 8 märkis õige pH = 7 kirjeldava pildi ja põhjendas õigesti eeltestis üks õpilane, järeltestis aga 17 õpilast 37-st ($Z = -3,8$; $p < 0,001$). Küsimuses 2 vastas tugeva elektrolüüdi kohta käivale küsimusele täiesti õigesti eeltestis kaks õpilast ning järeltestis 17 õpilast ($Z = -3,4$; $p < 0,001$). Kusjuures mõlema küsimuse puhul eeltestis õigesti vastanud õpilased järeltestis enam täiesti õigesti nendele küsimustele ei vastanud (Tabel 10, negatiivne muutus).

Tulemustest selgub, et elektrolüütide teema juures on toimunud oluline arusaamise muutus, seda nii küsimuste 2 ja 3 keskmiste tulemuste põhjal (Joonis 7) kui ka täiesti õigesti vastanud õpilaste arvu erinevuse põhjal eel- ja järeltestis (Tabel 10). Eeltestis vastas 3. küsimusele täiesti õigesti üks õpilane, kellele lisandus järeltestis veel kaheksa õpilast ($Z = -2,8$; $p < 0,01$).

Hapete ja aluste teema juures toimus statistiliselt oluline muutus õigesti vastanud õpilaste arvus tugeva happe küsimuse (küsimus 5) korral. Nimelt ei osanud ükski õpilane eeltestis sellele küsimusele täiesti õigesti vastata, järeltestis tegid seda aga kaheksa õpilast 37-st ($Z = -2,8$; $p < 0,01$).

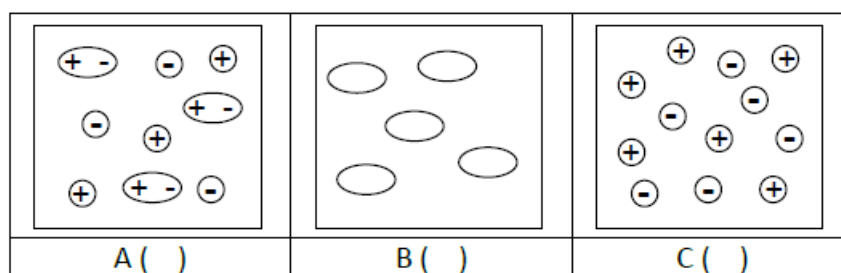
Lisaks olulisele arusaamise muutusele 8. küsimuse juures, erinevad statistiliselt olulisel määral ka 9. küsimuses õigesti vastanud õpilaste arvud eel- ja järeltestis. Kui eeltestis ei osanud ükski õpilane väljendit „lahuse $\text{pH} < 7$ “ õigesti selgitada, siis järeltestis demonstreerisid oma arusaamist teemast viis õpilast.

Tulenevalt eelnenud analüüsist võib järeldada, et käesoleva töö raames loodud õppematerjal „Happed ja alused“ arendas õpilaste arusaamist käsitletavast teemast statistiliselt olulisel määral. Sarnaste järeldusteni on jõutud ka mitmete eelnevate uuringute tulemusena. Näiteks *St. Norbert College Survey Center*'i (Einstein Project, 2005) uuringust selgub, et STCTM õppekava järgi õppinud õpilastel arenes märgatavalt küsimuste vastamise ja probleemülesannete lahendamise oskus. Ka käesolevast uurimistööst selgus järeltesti ja lisaülesande tulemusi võrreldes (Tabel 8), et mida paremini on õpilane teemast aru saanud, seda edukamalt suudab ta ka selgitada teemaga seotud probleeme ning vastupidi.

3.2. Sagedamini esinevad vead õpilaste järeltestis

Teisele uurimisküsimusele vastamiseks on analüüsitud õpilaste järeltestides esinenud vigu (Lisa 8). Alljärgnevalt on esitatud järeltestides sagedamini esinenud vead, mis viitavad õpilaste puudulikule arusaamisele teemast „Happed ja alused“. Vigade põhjuste väljaselgitamiseks intervjueriti 10 õpilast mõlemast uuringus osalenud klassist.

Järeltesti (Lisa 4) teises küsimuses tuli õpilastel otsustada, milline pilt (Joonis 8) kujutab tugevat elektrolüüti ning põhjendada oma vastust. Kuigi kokku võttes oli küsimus hästi vastatud ($m = 2,0$), esines ka siin kaks korduvat viga. Kaheksa õpilast 37-st märkis tugevaks elektrolüüdiks pildi A (Joonis 8) jättes oma vastuse põhjendamata või põhjendades seda järgmiselt: „tekkinud on ioonid“, „aatomid ja ioonid on koos“, „seal on ioonid, ioonid juhivad hästi elektrit“ ja „+ ja – on ühes mullis“. Intervjuu käigus toodi välja, et esitatud pildid olid raskesti mõistetavad ning ajasid segadusse. Näiteks jäi õpilastele arusaamatuks, mida kujutab osake, millel on nii „+“ kui „–“ laeng. Olgugi, et sarnaselt kujutati polaarseid molekule ka õppematerjalis, siis legendi kasutamine küsimuse kõrval vähendaks edaspidi segadust.



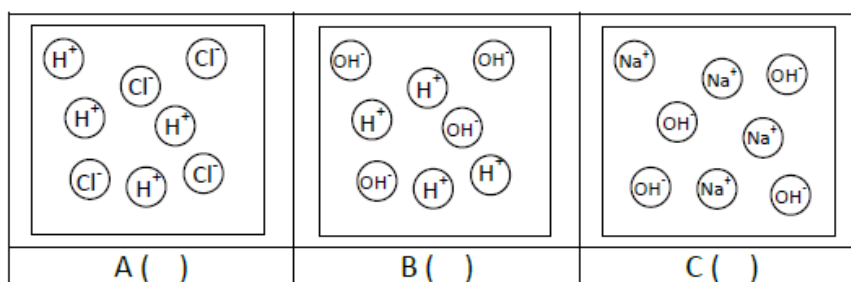
Joonis 8. Järeldesti 2. ja 3. küsimuse pildid. 2. küsimuse õige vastus on C, 3. küsimuse õige vastus on A

Teine viga küsimuse 2 juures puudutas õpilaste eneseväljendust. Seitse õpilast valisid küll õige tugevat elektrolüüti kujutava pildi (Joonis 8), ent põhjenduses tõid välja, et joonis kujutab tugevat elektrolüüti, kuna (+) ja (-) ioone on võrdselt. Ka pildil A on vastaslaenguga ioone võrdselt, vastavalt 3 ja 3, ent see kujutab nõrka elektrolüüti. Intervjuu käigus selgitasid õpilased, et selle põhjendusega mõtlesid nad molekulide täielikku ionideks jagunemist.

Kolmas küsimus oli üks kehvemini vastatud küsimustest järeldestis ($m = 1,1$), kus õpilased pidid vastama halvasti elektrit juhtiva lahuse kohta. 18 õpilast 37-st valis vastuseks pildi B pildi A asemel (Joonis 8). Põhjendustes toodi välja, et see lahus ei juhi elektrit, kuna seal pole laetud osakesi. Intervjuus põhjendasid õpilased esitatud küsimust nii, et lahus ei juhi elektrit ning tegid valiku lähtuvalt sellest. Õpilased leidsid, et õigesti vastata oleks aidanud küsimuse tähelepanelikum lugemine või kui küsimus oleks sõnastatud teisiti.

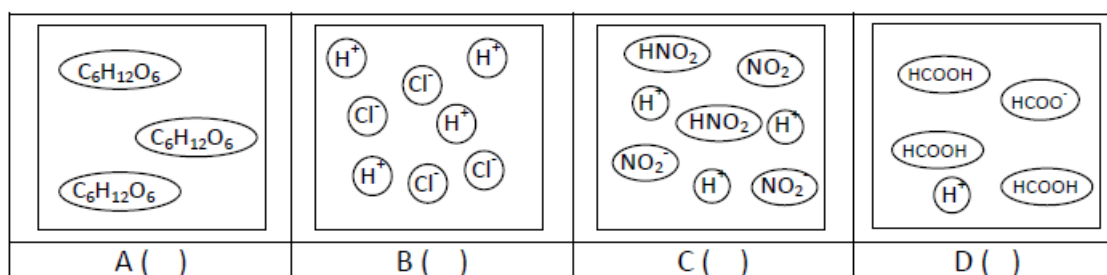
Küsimuses 4, kus õpilased pidid tähistama hapet kujutava pildi (Joonis 9) ning oma valikut põhjendama, esines erinevaid vigu ($m = 1,4$). Mitmed vead tekkisid sellest, et õpilased ei teadnud, millest hape koosnes või ajasid happe ja aluse omavahel segamini, mida kinnitasid ka intervjuud õpilastega. Viis õpilast, kes küll valisid õige vastusevariandi, kirjutasid oma põhjendustes, et happes on vesinikku ja kloori. Esitatud põhjendusele tuleks kindlasti tähelepanu pöörata ning selgitada hapete koostist.

Küsimuses 7 tuli aga joonisel 9 kujutatud vastusevariantide seast valida lahus, mis on aluselise keskkonnaga. Tulenevalt 4. küsimuses esinenud probleemidest, on selle küsimuse juures tehtud vead sarnased. Õpilased kas ei teadnud, millest alus koosnes või ajasid happe ja aluse omavahel segamini.



Joonis 9. Järeld testi 4. ja 7. küsimuse pildid. 4. küsimuse õige vastus on A ja 7. küsimuse õige vastus on C

Küsimused 5 ja 6, mis käsitlesid hapete tugevust, valmistasid õpilastele raskusi. Mõlema ülesande eest koguti keskmiselt 1,1 punkti 3-st (Joonis 6). 5. küsimuses tuli õpilastel märkida ära tugevat hapet kujutav pilt ning 6. küsimuses valida samade jooniste seast nõrka hapet kujutav pilt (Joonis 10). 11 õpilast 37-st valis 5. küsimuse vastuseks pildi A. Nii põhjendustest kui intervjuudest selgus, et õpilased seostasid tugevat hapet suure vesiniku sisaldusega, ent ei pööranud tähelepanu ioonidele. Sellest tulenevalt valisid samad õpilased nõrka hapet kujutava pildi vastavalt sellele, kus oli kõige vähem vesinikku. Seitse õpilast valisid tugevaks happeks aga pildi C, kellest kolm seostasid happe tugevust valemis esitatud alaindeksitega. Kuus õpilast kirjutasid, et nõrga happe korral on happe molekulid osaliselt ioonideks jagunenud ning valisid vastusevariandi C kujutama nõrka hapet. Tõenäoliselt tundus mitmele õpilasele pilt D võõras ning seda valikut ei kaalutud, kuigi õppematerjalis oli esitatud äädikhappe (CH_3COOH) valem. Üks õpilane tõi intervjuul välja, et ta elimineeris D variandi, kuna see sisaldas OH-d . Tõenäoliselt võis seda tähelepanna ka mõni teine õpilane, kes põhjenduses seda aga välja ei toonud.



Joonis 10. Järeld testi 5. ja 6. küsimuse pildid. 5. küsimuse õige vastus on B ja 6. küsimuse õige vastus on D

Kokkuvõtlikult võib tuua välja 4 sagedamini esinenud viga õpilaste järeltestis, millele tuleks edaspidi õppematerjali kasutamisel tähelepanu pöörata.

1. (+) ja (-) ioone on tugeva elektrolüüdi lahuses võrdselt. Õpilased pidasid vastaslaenguga ionide võrdse arvu all tugeva elektrolüüdi korral silmas molekulide jagunemist täielikult ionideks.
2. Halvasti elektrit juhtiv lahus ei sisalda ioone. Õpilased mõistsid, et kui lahus juhib elektrit halvasti, siis see ei juhi elektrit üldse ja järelikult ioone ei sisalda.
3. Hape sisaldab OH^- ning alus H^+ ioone. Happeid ja aluseid paralleelselt õppides võivad õpilased need omavahel segamini ajada.
4. Tugev hape sisaldab palju vesinikku ja nõrk hape vähe vesinikku. Õpilased pöörasid tähelepanu vesiniku sisaldusele, lugedes vesiniku aatomeid.

Kuigi kirjanduse ülevaates esitatud hapete ja aluste õppimisel sagemini esinevaid vigu (Ptk 1.5.) suudeti käesoleva töö puhul suures osas vältida, siis viimasena välja toodud viga langeb osaliselt kokku ühe Kind'i (2004) poolt esitatud veaga (Ptk 1.5.), mille kohaselt teavad õpilased, et hapete omadused on tingitud vesinikioonide esinemisest, ent neid nähakse siiski molekulide koostises.

Lähtuvalt Kind'i (2004) soovituselt (Ptk 1.5.) õpetada happeid ja aluseid paralleelselt, et need aineklassid oleksid õpilastele ühtmoodi tuttavad, võivad esile kerkida uued vead, näiteks hakatakse hapet ja alust omavahel segamini ajama.

Õppematerjalis ning testides visualiseeriti õpitut mikro- ja sümboltasandeid kujutavate joonistega nagu on soovitanud Smith ja Metz (1996). Edaspidi võib lisada testi küsimustele legendi vastavate tähendustega, et õpilastel ei jääks küsimused vastamata, kuna nad ei saa tähistustest aru.

3.3. Õpilaste hinnang loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele

Kolmandale uurimisküsimusele vastuse leidmiseks analüüsiti õpilaste hinnanguküsimustike vastuseid (Lisa 9). Tabelis 11 on esitatud hinnanguküsimustike analüüsi koondtulemused loodud õppematerjali ja selle rakendamise kohta. Hinnanguküsimustikule vastas 38 uuringus osalenud õpilast.

Tabel 11. Õpilaste (N = 38) hinnanguküsimustiku keskmised tulemused analüüsituna MS Excelis, kus 1 vastab hinnangule „Ei nõustu üldse“, 2 „Pigem ei nõustu“, 3 „Pigem nõustun“ ning 4 „Nõustun täiesti“

Väide	Aritmeetiline keskmine, m	Mood	Mediaan
1) Õppematerjali eesmärgid olid mulle arusaadavad.	3,3	3	3
2) Antud õppematerjal tervikuna meeldis mulle.	3,6	4	4
3) Mulle meeldisid antud õppematerjali selgitavad osad.	3,2	3	3
4) Antud õppematerjaliga omandatud teadmisi saan kasutada igapäevaelus.	3,0	3	3
5) Antud õppematerjaliga omandatud teadmisi saan kasutada teistes õppeainetes.	2,5	2	3
6) Õppematerjali läbimise jooksul kulus õppimisele liiga palju aega.	1,7	2	2
7) Tundides kasutatud õppematerjalid ja õppevahendid olid mulle hästi arusaadavad.	3,4	4	4
8) Praktiliste tööde tegemine muutis antud teema huvitavamaks.	3,8	4	4
9) Praktiliste ülesannete täitmine aitas mul mõista läbitud teemade sisu.	3,5	4	4
10) Ülesannete lahendamine võimaldas mul teha järeldusi ja sõnastada oma otsuseid.	3,3	3	3
11) Koos paarilisega ülesannete lahendamine oli minu jaoks õppimise seisukohast tõhusam, kui neid üksi tehes.	3,6	4	4
12) Tundides saadud õpetajapoolne tugi oli piisav.	3,7	4	4

Tabelis 11 esitatud tulemustest võib järeldada, et õppematerjali eesmärgid olid õpilastele arusaadavad (väide 1). Õpilaste keskmine hinnang esitatud väitele oli 3 ehk „Pigem nõustun“. Oma hinnagut kommenteeriti näiteks järgmiselt: „meile taheti selgeks teha, mis on happed ja mis alused“, „nad tahavad teha keemiat huvitavamaks“ ning „õpetada meile katsete teel aluseid ja happeid“.

Viie esimese väite juures hinnati loodud õppematerjali, neist kõige enam nõustuti väitega 2 „Antud õppematerjal tervikuna meeldis mulle“ (m = 3,6). Sellega olid täiesti nõus 25 õpilast 38-st, 12 õpilast olid väitega pigem nõus ning üks õpilane pigem ei nõustunud väitega. Põhjendustes toodi kõige enam välja katsete tegemist, aga mainiti ka huvitavaid teemasid ning õpetaja häid selgitusi.

Õppematerjali selgitavad osad meeldisid 33 õpilasele 38-st ($m = 3,2$), kellest 12 olid 3. väitega täiesti nõus ning 22 pigem nõus. Kolm õpilast kirjutas kommentaarides, et selgitavad osad võimaldasid neil õpitust paremini aru saada. Kaks õpilast kirjutas kommentaarides, et mõned teemad jäid arusaamatuks, ent ei täpsustanud millised. Üks õpilane ei nõustunud väitega üldse, kuna talle ei meeldi selgitavaid tekste lugeda.

Väidetega 4 ja 5 püüti välja selgitada õpilaste hinnangud omandatud teadmiste rakendatavusele igapäevaelus ja teistes õppeainetes. Väidega 4 ehk „Antud õppematerjaliga omandatud teadmisi saab kasutada igapäevaelus“ nõustusid 31 õpilast, kellest vaid 6 olid väitega täiesti nõus ($m = 3,0$). Oma hinnangut põhjendati näiteks järgnevalt: „saan võibolla teha mõnda katset ka kodus“, „sain enamuste puhul teada, kus midagi kasutatakse“, „kui vaja mingis viktoriinis“ ja „hakkan vähem Coca-Colat ostma“. Oli ka õpilasi, kes kirjutasid kommentaaridesse, et nad ei oskaks omandatud teadmisi kasutada või leida neile rakendust. Väitega, et omandatud teadmisi saab kasutada teistes õppeainetes, nõustus aga vähem õpilasi ($m = 1,7$) – täiesti nõustusid väitega vaid kolm õpilast ning 16 olid väitega pigem nõus. Viis õpilast tõid välja, et omandatud teadmisi saab rakendada füüsikas või teistes loodusainetes, üks õpilane lisas ka kodunduse tunni. Kaks õpilast ei olnud esitatud väitega üldse nõus, põhjendades oma hinnangut järgmiselt: „mul ei ole hetkel selliseid õppeaineid“ ja „antud teemad olid teiste ainetele väga vähe seotud“.

Väidetega 6-8 selgitati välja õpilaste hinnangud õppematerjali rakendamisele. Kõige enam ei olnud õpilased nõus väitega, et õppematerjali läbimisel kulus õppimisele liiga palju aega ($m = 1,7$). Õpilased leidsid, et pigem oli õppimisele kulunud aeg piisav või lühike, lisati ka seda, et õpiti peamiselt tundides ning kodutööd olid lihtsad.

33 õpilast olid nõus ($m = 3,4$), et tundides kasutatud õppematerjalid ja õppevahendid olid neile arusaadavad. Õpilased tõid välja, et töölehed olid loogilised, kasutatud katsevahendid lihtsad ning et selgitati piisavalt, mida milleks kasutatakse.

Kõige kõrgemalt hinnati 8. väidet ($m = 3,8$), mille kohaselt praktiliste tööde tegemine muutis antud teema huvitavamaks. Esitatud väitega olid nõus 37 õpilast, kellest kuus olid pigem nõus. Üks õpilane polnud väitega pigem nõus, kuna leidis, et katseid oleks võinud veel rohkem olla. Ka väitega „Praktiliste ülesannete täitmine aitas mul mõista läbitud teemade sisu“ olid nõus 37 õpilast, kellest 16 olid pigem nõus ($m = 3,5$). Oma hinnangud kommenteeriti näiteks järgmiselt: „ma sain siis asjadest palju paremini aru“,

„see aitas tublisti kaasa“, „tegi asjad rohkem selgeks“, „kergem, kui kirjutada ja üritada mõista“, „nii jäävad asjad paremini meelde“.

34 õpilast leidsid, et ülesannete lahendamine võimaldas neil teha järeldusi ja sõnastada otsuseid ($m = 3,3$). Sellegi poolest toodi välja, et alati seda teha ei saanud või oli seda raske teha.

Peaaegu kõik õpilsed (36 õpilast) olid nõus, et koos paarilisega ülesannete lahendamine oli nende jaoks tõhusam, kui neid üksi tehes ($m = 3,6$). Kommentaaridest selgub, et töötamine paaris või 3-liikmelistes rühmades võimaldas neil suhelda, teemasid omavahel arutada, aidata teineteist ning efektiivsemalt ülesandeid lahendada. Kaks õpilast leidsid, et nad oleks ka üksi hakkama saanud.

Väitega „Tundides saadud õpetajapoolne tugi oli piisav“ nõustus 37 õpilast ($m = 3,7$). Õpilased kirjutasid kommentaarides peamiselt, et õpetaja aitas alati, kui oli vaja või et saadi ka ilma õpetaja abita hakkama.

Hinnagüküsimustike vastuste analüüsi ja tulemuste põhjal saab teha mitmeid järeldusi. Tulemustest selgus, et õpilastele põhiuuringu alguses selgitatud õppematerjali eesmärgid olid neile arusaadavad. Samuti olid arusaadavad tundides kasutatavad õppematerjalid ja õppevahendid. Praktilistes töödes kasutati õppevahendina igapäevaelus kasutatavaid vahendeid, mistõttu olid paljud neist õpilastele tuttavad.

Õpilastele meeldisid õppematerjali selgitavad osad, mis toetasid õpitud teemadest arusaamist, ent oli ka teemasid, mis jäid segaseks ja mille selgitus tundus õpilastele keeruline. Aineõpetaja leidis tagasisidet andes, et teoreetilisele osale pöörati tundides vähem tähelepanu ning neid ei selgitatud piisavalt. Kui hinnata järeltesti tulemusi (Joonis 6, Ptk 3.1.2.), siis võib arvata, et keeruliseks teemadeks võis osutada hapete tugevus ja pH, kuna nende puhul oli ülesannete keskmine tulemus järeltestis kõige madalam, mis viitab sellele, et õpilased ei saanud nendest teemadest aru.

Varasemad uuringud on näidanud, et loodusteadusi on kõige loomulikum ja efektiivsem viis õppida läbi praktiliste uurimuslike ülesannete (Research..., 2010). Ka õpilased ise nõustusid hinnagüküsimustikes, et praktiliste tööde tegemine aitas neil mõista läbitud teemade sisu ning muutis teema huvitavamaks. Samuti tõi aineõpetaja oma tagasisides välja õppematerjali tugevusena just katsete rohkuse. Lisaks võimaldas ülesannete täitmine õpilastel teha järeldusi ja sõnastada oma otsuseid.

Õpilased leidsid, et õppematerjali läbimisel ei kulunud õppimiseks liiga palju aega ning enamuse õppimisest toimus ainetunnis. Õppimise muutis efektiivsemaks ka töö paarides või 3-liikmelistes gruppides ning vajadusel saadav õpetaja poolne tugi. Õppematerjalid sisaldasid selgitavaid osasid, ülesannete kirjeldusi, töövahendite loetelu ning töö käiku, tänu millele oli õpilastel võimalus töötada iseseisvalt paaris või 3-liikmelistes rühmades ning õpetaja sai samal ajal tegeleda õpilastega, kes vajasis abi.

Olenemata sellest, et õppematerjali koostamisel pöörati tähelepanu igapäevaeluga seoste loomisele ning praktilistes ülesannetes töötati kodumajapidamisest tuttavate ainetega, hindasid õpilased omandatud teadmiste kasutamist igapäevaelus ja teises õppeainetes suhteliselt madalalt. Õpitavate teadmiste ning igapäevaelu seoste loomisele tuleks seega enam tähelepanu pöörata. Näiteks võib lasta õpilastel ise tuua välja seoseid ning nende üle arutleda.

Loodud õppematerjal tervikuna meeldis nii õpilastele kui õpetajale. Õpetaja hindas õppematerjali 5-palli skaalal, kus 1 tähendas „Ei meeldinud üldse“ ja 5 „Meeldis väga“, hindegas 5. Õpetaja lõi välja, et ta sai mitmeid ideid katsete tegemiseks. Samuti kavatseb ta osaliselt ka järgmisel aastal sarnaseid tunde läbi viia, tehes rohkem praktilisi ülesandeid.

KOKKUVÕTE

Keemia õppimisel on oluline, lisaks teadmiste ja oskuste omandamisele, kujundada õpilastes arusaamine õpitavatest teemadest ja kontseptsioonidest. Arusaamise õpetamise võimalusena võib kasutada uurimuslikku õpet, kui ühte õpilaskesksemat õpitegevust. Uurimuslik õpe on 2011. aastal jõustunud põhikooli riikliku õppekava keskmes ning üks oluliseimaid keemiaõppe eesmärke.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli koostada uurimuslikul õppel põhinev õppematerjal 8. klassile teemal „Happed ja alused“, hinnata 8. klassi õpilaste arusaamist hapetest ja alustest kasutades STCTM õppekava strateegial põhinevat õppematerjali ning selgitada välja õpilaste hinnangud loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele.

Uurimistöö eesmärkide täitmiseks koostati mittetöenäosuslik mugavusvalim, mis koosnes 38 8. klassi õpilasest kahest Tartu koolist. Andmete kogumiseks kasutati õpilaste eel- ja järelteste, hinnanguküsimustikke, intervjuusid ning õpetaja tagasisidet.

Esimese uurimisküsimusega selgitati välja, kuidas muutub õpilaste arusaamine hapetest ja alustest STCTM õppekava põhimõttel koostatud õppematerjali kasutades. Tulemustest selgub, et eel- ja järeltesti tulemused erinevad statistiliselt olulisel määral ($p < 0,001$), mistõttu on järeltesti küsimustele vastatud tulemuslikumalt kui eeltesti küsimustele. Õpilaste keskmised tulemused paranesid järeltestis kõigi küsimuste korral. Samuti kasvas iga küsimuse juures täiesti õigesti vastanud õpilaste arv. Sellest tulenevalt võib järeldada, et käesoleva töö raames loodud õppematerjal „Happed ja alused“ arendas õpilaste arusaamist käsitletavast teemast statistiliselt olulisel määral.

Teise uurimisküsimusega sooviti välja tuua sagedamini esinevad vead õpilaste järeltestides, mis viitavad õpilaste puudulikule arusaamisele hapete ja aluste teemast. Õpilaste järeltestides sagedamini esinenud vead on järgmised:

- 1) (+) ja (-) ioone on tugeva elektrolüüdi lahuses võrdselt;
- 2) halvasti elektrit juhtiv lahus ei sisalda ioone;
- 3) hape sisaldab OH^- ning alus H^+ ioone;
- 4) tugev hape sisaldab palju vesinikku ja nõrk hape vähe vesinikku.

Esitatud vigu tuleks kindlasti arvesse võtta õppematerjali rakendamisel edaspidi.

Kolmanda uurimisküsimusega selgitati välja õpilaste hinnangud loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele. Õpilaste hinnagud olid õppematerjalile väga positiivsed. Õpilastele olid arusaadavad nii loodud materjali eesmärgid, kui tundides kasutatud õppematerjalid ja -vahendid. Õpilastele meeldisid õppematerjali selgitavad osad ning praktilised ülesanded, mis aitasid läbitud teemade sisu paremini mõista ning muutsid teema huvitavamaks. Õppetöö muutis efektiivsemaks töö paarilisega ning piisav õpetajapoolne tugi. Omandatud teadmiste kasutamist igapäevaelus ja teistes õppeainetes hinnati aga võrdlemisi madalalt.

Magistritöö raames loodud õppematerjal „Happed ja alused“ tervikuna meeldis nii õpilastele kui õpetajale. Positiivsetest tulemustest ja hinnangutest lähtuvalt võiks loodud õppematerjali rakendada ka edaspidi.

Käesolevas magistritöös esitatud tulemused on kvalitatiivse loomuga ja neid saab üldistada esitatud valimi piires. Tulemuste paikapidevuse kontrolliks on vajalik representatiivse valimiga uuring.

TÄNUAVALDUSED

Autor tänab kõiki uuringus osalenud õpilasi ja nende õpetajat. Eriline tänu juhendaja Andero Vaarikule nõuannete ja pühendatud aja eest. Samuti soovib autor tänada oma perekonda ja sõpru toetuse eest.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- Bereiter, C. (2002).** *Education and mind in the Knowledge Age*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bruner, J. S. (1960).** *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Buck, L. B., Bretz, S. L., Towns, M. H. (2008).** Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38 (1), lk 52-58.
- Carolina Curriculum for Science and Math, (CCSM).** *The STCTM Program Home Page*. Aadressil <http://www.carolinacurriculum.com/stc/>. (viimati vaadatud 31.05.14).
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2007).** *Research Methods in Education*. Abingdon, Oxon, UK: Routledge.
- Devetak, I., Vogrinc, J., Glažar, S. A. (2009).** Assessing 16-Year-Old Students' Understanding of Aqueous Solution at Submicroscopic Level. *Research in Science Education*, 39 (2), 157-179.
- Einstein Project, The (2005).** Cornerstone Study. Aadressil <http://www.einsteinproject.org/for-educators/proven-results/cornerstone-study/>. (viimati vaadatud 31.05.14)
- Fay, M. E., Grove, N. P., Towns, M. H., Bretz, S. L. (2007).** A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (2), 212-219.
- Harlen, W. (2000).** *Teaching, learning and assessing science 5-12*. London: Paul Chapman Publishing Ltd.

- Harlen, W. (2004).** Evaluating Inquiry-Based Science Developments. *A Paper Commissioned by the National Research Council in Preparation for a Meeting on the Status of Evaluation of Inquiry-Based Science Education*. Aadressil http://stem.gstboces.org/Shared%20Documents/STEM%20DEPLOYMENT%20PROJECT%20RESEARCH/NAS_paper_eval_inquiry_science.pdf. (viimati vaadatud 31.05.14)
- Huo, Y. (2006).** Applying contemporary education strategies to motivate students' interests in studying *Physical Chemistry* and to develop lifelong learning skills. *The China Papers*, 6, 23-26.
- Johnstone, A. H. (2006).** Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (2), 49-63.
- Kask, K. & Rannikmäe, M. (2010).** Uurimusliku õppe mõju õpilastele afektiivses ja kognitiivses valdkonnas. *Õnnestav õpetus*, lk 116-126.
- Keys, C. W. & Bryan, L. A. (2001).** Co-Constructing Inquiry-Based Science with Teachers: Essential Research for Lasting Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (6), lk 631-645.
- Kiisla, K. (2011).** *Uurimusliku õppe rakendamine loodusteaduste tundides ühe kooli näitel*. Magistritöö. Tartu Ülikool.
- Kind, V. (2004).** *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. 2nd Edition. Aadressil http://www.rsc.org/images/Misconceptions_update_tcm18-188603.pdf. (viimati vaadatud 31.05.14).
- Kitot, A. K. A., Ahmad, A. R., Seman, A. A. (2010).** *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 7 (C), 264–273.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K, M. & Fredricks, J. (1998).** Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students. *The Journal of the Learning Sciences*, 7 (3&4), lk 313-350.
- Krull, E. (2001).** *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.

- Millar, R. (2004).** The role of practical work in the teaching and learning of science. *Paper prepared for the Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision.* Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Mugaloglu, E. & Saribas, D. (2010).** Pre-service science teachers' competence to design an inquiry based lab lesson. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 4255–4259
- National Research Council (NRC). (1996).** *National Science Education Standards.* Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Foundation (NSF). (2000).** An Introduction to Inquiry. *Foundations*, 2, lk 1-3.
- National Science Resources Center, (NSRC). (1998).** *STCTM Meets the Standards.* Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Padilla, M. J. (1990).** The Science Process Skills. *Research Matters – to the Science Teacher*, 9004. Aadressil: <http://www.narst.org/publications/research/skill.cfm> (viimati vaadatud 31.05.14)
- Pedaste, M. & Mäeots, M. (2008).** Uurimuslik õpe loodusainetes. Aadressil http://www.oppekava.ee/images/b/b7/Uurimuslik_%C3%B5pe_loodusainetes.pdf. (viimati vaadatud 31.05.14).
- Pedaste, M., Sarapuu, T., Mäeots, M. (2008).** Uurimuslik õpe IKT abil. Aadressil http://www.htk.tlu.ee/tiigriope/index.php?title=Uurimuslik_%C3%B5pe_IKT_abil. (viimati vaadatud 31.05.14)
- Perkins, D. (1993).** Teaching for Understanding. *American Educator: The Professional Journal of the American Federation of Teachers*, 17 (3), 8, 28-35.
- Põhikooli riiklik õppekava, (PRÕK). (2010).** RT I, 14.01.2011, 1. Aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/128082013007>. (viimati vaadatud 31.05.14)
- Research & Inquiry-Based Curriculum. (2010).** Aadressil http://www.carolina-curriculum.com/STC/pdfs/STC_Global/Inquiry_Brochure.pdf. (viimati vaadatud 31.05.14)

- Sirhan, G. (2007).** Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4 (2), 2-20.
- Smith, K. J. & Metz, P. A. (1996).** Evaluating Student Understanding of Solution Chemistry through Microscopic Representation. *Journal of Chemical Education*, 73 (3), 233-235.
- Veeremaa, T. (2010).** *Keemiaõpetaja uurimusliku õpikeskkonna loojana*. Magistritöö. Tartu Ülikool.
- Voivod, P. (2011).** *Geograafiaõpetaja uurimusliku õppe kasutajana*. Magistritöö. Tartu Ülikool.
- Õpetaja töökava näidis 8. klass. (2013).** Aadressil http://www.oppekava.ee/images/5/55/Keemia_t%C3%B6%C3%B6kava_8_klass.pdf. (viimati vaadatud 31.05.14).
- Õpetaja töökava näidis 9. klass. (2013).** Aadressil http://www.oppekava.ee/images/b/ba/Keemia_t%C3%B6%C3%B6kava_9_klass.pdf. (viimati vaadatud 31.05.14).

Students Understanding about Acids and Bases Using Study Material Based on STCTM Curriculum

Getter Leppik

SUMMARY

In addition to acquiring knowledge and skills when learning chemistry, it is important to develop the students' understanding of the subjects and concepts in classroom practice. Inquiry learning as a student-centered approach offers the necessary tools for that. Inquiry learning also holds an important role in the National Curriculum for Basic Schools (2010) as well in teaching chemistry in general.

The aim of the present thesis was to create a study material on the topic of "Acids and bases" suitable for the eighth grade using the principles of inquiry learning. The following thesis also set out to evaluate the students' understanding on the topic of „Acids and bases“ using the study material based on STC curriculum and to find out the students' attitudes towards the following study material and its usage.

In order to do that a non-probability convenience sampling was compiled including 38 eighth grade students from two schools in Tartu. Data was collected using pre- and post-tests, attitude questionnaires, interviews and teachers' feedback.

The aim of the first research question was to find out how do the students' understandings of acids and bases change when applying STCTM based study material. The results show that there is a statistical significance ($p < 0,001$) between pre- and post-tests, hence the results of the post-tests were more productive than the results of the pre-tests. The average ratio of students' results increased within every question in the post-test. Also, the number of students rose who answered correctly to each of the questions. Therefore, the study material improved the students' understanding of the topic "Acids and bases" remarkably.

The aim of the second research question was to point out the most common mistakes that were made in the post-tests, referring to the subtopics that the students found the most difficult. The most frequently occurred mistakes are as follows:

- 1) There are equal amount of (+) and (-) ions in an strong electrolyte solution
- 2) A solution that conducts electricity poorly does not contain ions
- 3) Acid contains hydroxide (OH) and base contains hydrogen (H)
- 4) A strong acid contains a lot of hydrogen and a weak acid contains a small amount of hydrogen

The third research question was proposed to find out the students' attitudes towards the study material and its practical value. The students' ratings to the study material were very positive. It was brought out that the objectives of the study material as well as tools used in the lessons were clear and easy to comprehend. The students liked the practical assignments that came along with the study material which helped to understand the content of the topic "Acids and bases" and made the learning more interesting. Learning turned out to be effective when done in pairs and with the support of the teacher. However, the usage of acquired knowledge in everyday life and in other school subjects was rated rather low.

The study material "Acids and bases" created within the present thesis was approved by the students and the teachers. The positive results and opinions/attitudes towards the study material show that it could be used in chemistry lessons in the future.

LISAD

Lisa 1. Õppematerjal „Happed ja alused“

Lisa 2. Õpilaste loodusteaduslik päevik

Lisa 3. Eeltest

Lisa 4. Järeltest

Lisa 5. Hinnanguküsimustik

Lisa 6. Õpetaja tagasiside küsimustik

Lisa 7. Hindamisjuhend

Lisa 8. Õpilaste vastusevariandid eel- ja järeltestis küsimuste kaupa

Lisa 9. Õpilaste hinnang õppematerjalile ja selle rakendamisele

HAPPED JA ALUSED

Ülesanded

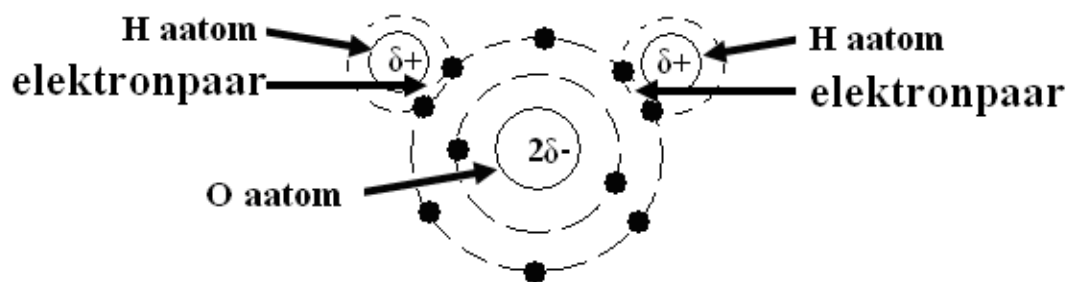
I LAHUSED JA AINETE LAHUSTAMINE

Lahus on ühtlane segu, mis koosneb lahustist ja selles ühtlaselt jaotunud ühest või mitmest lahustunud ainest. Lahustunud aine on lahustis jaotunud väga väikeste osakestena (aatomite, molekulide või ioonidena).

Aine(te) lahustumisel segunevad selle osakesed lahusti osakestega ühtlaselt. Aine, mida lahustatakse võib olla tahkes, vedelas või gaasilises olekus. Kui lahustiks on vedelik, on saadud lahus samuti vedelas olekus. See ei sõltu lahustunud aine olekust.

Kui räägitakse mingi aine lahustamisest, mainimata lahustit, mõeldakse selle all tavaliselt lahustumist vees. Soola vesilahuses on lahustiks vesi, jooditinktuuris aga piiritus. Ülesannete lahendamisel uuridki sa just vesilahuseid, milles lahustiks on vesi.

Vaatleme lähemalt vee molekuli (vt joonis 1). Vee molekulis on hapniku ja kahe vesiniku aatomi vahel ühiste elektronpaaride abil moodustunud keemiline side – täpsemalt kovalentne side. Hapniku aatomil on vee molekulis kovalentne side kummagi vesiniku aatomiga.

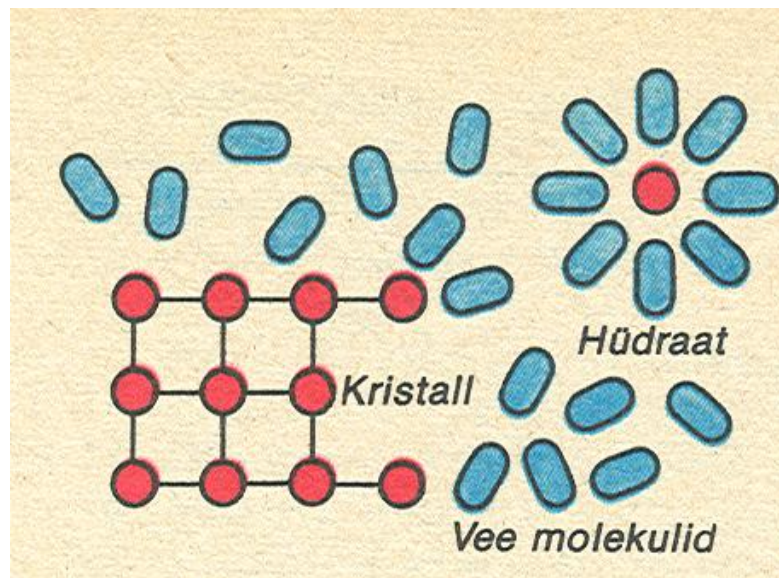


Joonis 1. Vee molekuli

Hapnikul on tugevamad mittemetallilisemad omadused kui vesinikul, seega ei kuulu ühine elektronpaar hapniku ja vesiniku aatomile võrdselt. Hapniku aatom tõmbab ühiseid elektronpaare tugevamini enda poole. Nii tekib hapniku aatomil väikene negatiivne laeng ehk negatiivne osalaeng (δ^-) ning vesinikul väikene positiivne osalaeng (δ^+). Vee molekuli hapnikupoolne osa on seega negatiivse laenguga poolus ning vesinike poolne osa positiivse laenguga poolus.

Mis toimub ainega lahustumisel?




Vees ja teistes lahustites lahustumisel jaotub lahustuv aine tunduvalt väiksemateks osadeks kui näiteks aine peenestamisel uhmris. Tahke aine lahustumist vees kujutab joonis 2. Tahke aine koosneb tavaliselt kristallidest, mis on üles ehitatud aatomitest, ioonidest või molekulidest.



Joonis 2. Tahke aine (kristalli) lahustumine vees (Karik, H., Ratassepp, V. (1987) Keemia VII klassile. lk 114)

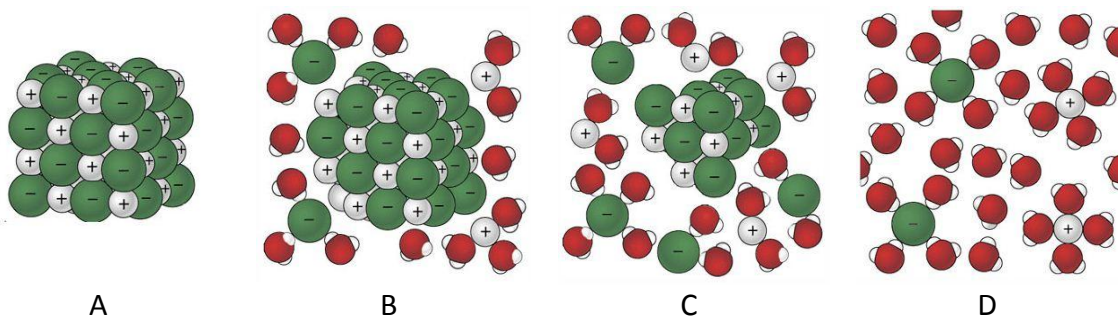
Järgnevalt vaatleme keedusoola ehk naatriumkloriidi (NaCl) lahustumist vees. Keedusoola nagu ka teiste soolade kristallid koosnevad ionidest (vt joonis 3 A), mida hoiavad kristallvõres koos ionide vahelised elektrilised tõmbejõud, mida nimetatakse iooniliseks sidemeks.

Vesilahuses ümbritsevad soola kristalle vee molekulid, mis liiguvad korrapäratult ja pörkuvad pidevalt kokku kristalli koostisosadega (ioonidega). Vee molekulid (joonisel 2

tähistatud ) pöörduvad soola Na^+ -ioonide (katioon; joonisel 2 kujutatud ) poole oma negatiivse poolusega ning soola Cl^- -ioonide (anioon; joonisel 2 kujutatud ) poole positiivse poolusega (vt joonis 3 B).

Lahustunud aine osakeste seostumist vee molekulidega nimetatakse hüdratatsiooniks ehk **hüdraatumiseks**.

Vee molekulid avaldavad soola ionidele tugevat tõmbejõudu, mille tulemusel ionide vahelised sidemed nõrgenevad ja ionid eralduvad vee molekulide toimel kristallvõrest (vt joonis 3 C) järk-järgult lahusesse, kus neid ümbritsevad vee molekulid. Tekivad hüdraatunud ionid, mis on tugevasti seotud ja ümbritsetud vee molekulidega (vt joonis 3 D).

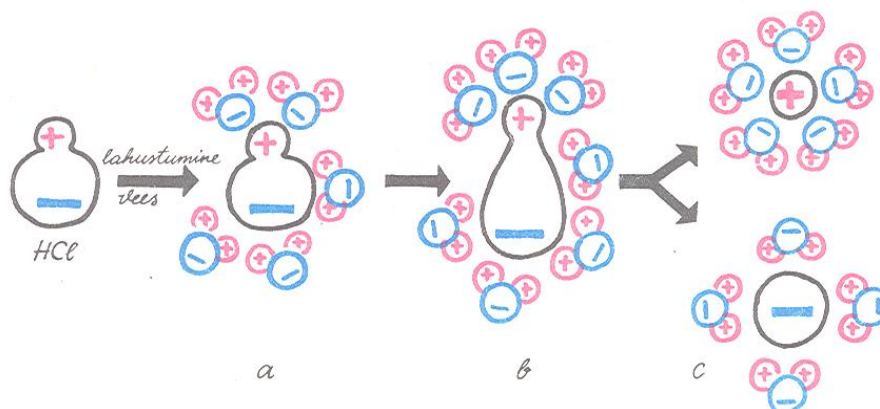


Joonis 3. Ioonilise aine hüdraatumine lahustumisel

(Allikas: <http://www.middleschoolchemistry.com/multimedia/chapter5/lesson3>)

Hüdratatsioon ei esine ainult ionsete ainete, vaid ka molekulidest koosnevate ainete (nt glükoos, etanool, happed) lahustumisel vees. On olemas neutraalseid molekule, mis vee molekulidega ei seostu ja on olemas molekule, mille üks osa on positiivse osalaenguga ja teine osa negatiivse osalaenguga – viimaseid nimetatakse polaarseteks molekulideks ja need seostuvad vees lahustumisel vee molekulidega.

Polaarse molekuli ümber võtavad vee molekulid samuti kindla suuna, nii nagu eelpool kirjeldatud ioonilise aine lahustumise korral. Vee molekulid pöörduvad oma positiivse poolusega molekuli negatiivse pooluse poole ja vastupidi (vt joonis 4 a).



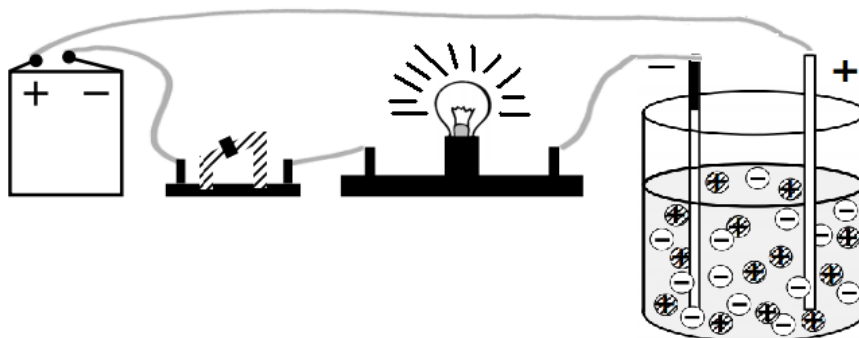
Polaarse molekuli lahustumisprotsessi skeem:
 a — vee molekuli orientatsioon, b — HCl molekuli polaarsuse suurenemine,
 c — hüdratiseeritud ionide moodustumine lahusesse.

Joonis 4. Polaarse molekuli hüdraatumine ja ionideks lagunemine (Karik, H., Ratassepp. V. (1984). Keemia IX klassile, lk 6)

Vee molekulide toimel nõrgenevad lahustuva aine molekulide vahelised keemilised sidemed ning tekivad üksikud hüdraatunud molekulid.

Mõnikord on aga aine molekuli ja vee molekulide vaheline seostus (hüdratatsioon) nii tugev, et aine molekul laguneb ja tekivad ioonid (vt joonid 4). Näiteks vesinikkloriidhappe ehk soolhappe (HCl) puhul katkeb molekulis vesiniku ja kloori aatomi vaheline kovalentne side ning aine jaguneb täielikult vastavateks ionideks (H^+ iooniks ja Cl^- iooniks).

Seega võib lahustunud aine lahuses esineda nii molekulidena kui ka ioonidena. Veelgi lihtsamalt saab demonstreerida vees lahustunud aine elektrijuhtivust. Ühendades lahuses olevad elektrodid vooluallikaga ja signaallambiga (vt joonis 5). Voolu olemasolu elektriahelas näitab lambi süttimine.



Joonis 5. Elektri juhtivuse näitamise seade

Kuna elekter on laetud osakeste suunatud liikumine, siis juhib laetud osakesi ehk ioone sisaldav lahus elektrit. Asendades ioone sisaldava lahuse puhta veega, mis sisaldab niivõrd vähe ioone, ei juhi see märkimisväärselt elektrit (lamp ei sütti).

1. ÜLESANNE: LAHUSTE KIRJELDAMINE

Esimeses ülesandes lahustad sa nelja tahket ainet vees ning kirjeldad saadud lahuste omadusi. **Loe enne ülesande täitmist hoollega läbi tööjuhend.**

Töövahendid:

- 4 uuritavat tahket ainet plasttopsides
- 4 plastmasslusikat
- 5 läbipaistvat suuremat plasttopsi
- 4 hambaorki

Töö käik:

1. Too materjalikeskusest vajalikud töövahendid.
2. Vaatle tundmatuid aineid ning iseloomusta neid. Märki kõik oma tähelepanekud töölehele 1A. **NB! Ära maitse.**
3. Märkista suured topsid numbritega vastavalt uuritavatele ainetele. Üks tops jääb etaloniks, millesse jääb ainult vesi.
4. Kalla igasse topsi vett kuni kriipsuni.
5. Ennusta iga aine kohta, mis juhtub kui lisada seda vette. Kirjuta oma ennustused töölehe 1B tabeli lahtrisse „**ENNUSTUS**“.

6. Seejärel lisa esimesse topsi lusikatäis esimest tundmatut ainet. Sega saadud segu hambaorgiga umbes 30 sekundit.
7. Vaatle ainega toimuvat ja pane oma tähelepanekud kirja töölehe 1B tabeli lahtrisse „**VAHEPEAL**“.
8. Lisa samasse topsi veel kaks lusikatäit sama uuritavat ainet. Peale iga lusikatäit sega segu hambaorgiga 30 sekundit. Nüüd oled sa lisanud kokku juba kolm lusikatäit tundmatut ainet.
9. Jäta tops seguga seisma ja vaatle saadud segu. Kirjuta oma tähelepanekud töölehe 1B tabeli lahtrisse „**PÄRAST**“.
10. Korda sama ülejäänud kolme tundmatu ainega. **Kasuta iga aine jaoks eraldi lusikat, topsi ja hambaorki.**
11. Ülesande lõpuks vii kõik materjalid tagasi materjalikeskusesse ja puhasta tööpind.

Töölehe 1B tabelit täites vasta järgmistele küsimustele:

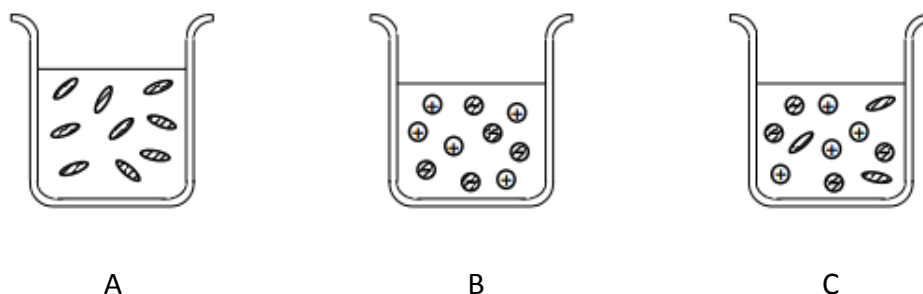
- Mis juhtus tahke ainega? Kas seda on endiselt näha?
- Kuidas näeb välja lahus? Võrdle seda puhta veega suures topsis. Kas segu erineb millegi poolest puhtast veest? Kui jah, siis kuidas?
- Kuidas muutis segamine lahuste väljanägemist?

Kokkuvõte:

Vasta lahuste uurimise kokkuvõtteks töölehel 1C olevatele küsimustele.

II ELEKTROLÜÜTIDE LAHUSED

Argielus puutume kokku mitmesuguste lahustega. Lahused sisaldavad tavaliselt lahustunud aine molekule, ioone või nii molekule kui ioone. Sõltuvalt lahustunud aine osakeste iseloomust on lahuse omadused erinevad. Võrdleme tüüpiliste **molekulaarsete** ja **iooniliste ainete lahustumist**. Suhkrukristallid koosnevad sahharoosi molekulidest. Sahharoosi molekulide vahelised sidemed nõrgenevad veelgi kokkupuutel veega. Suhkrukristalli lahustumisel lähevad molekulid muutumatu lahusesse. Ained, mis ei jagune lahustumisel ioonideks nimetatakse **mitteelektrolüütideks**. Kui mitteelektrolüüt lahustub, tekib mitteelektrolüüdi lahus. Näiteks atsetooni, sahharoosi ja glükoosi vesilahused on mitteelektrolüüdi lahused. Mitteelektrolüüdi lahuses on lahustunud aine molekulidena (vt joonis 6 A). Kuna mitteelektrolüütide lahused ioone ei sisalda, siis nende lahused elektrit ei juhi.



Joonis 6. Mitteelektrolüüdi (A), tugeva elektrolüüdi (B) ja nõrga elektrolüüdi (C) lahused (Keelekümblusprogramm. <http://kke.meis.ee/>, http://kke.meis.ee/images/failid/pdf/toolehed/9_klass/Keemia_43-52.pdf)

Teistsugune on ioonilise ühendi, näiteks keedusoola ehk naatriumkloriidi (NaCl), lahustumise protsess. NaCl kristallide lahustumisel lähevad lahusesse Na^+ -ioonid ja Cl^- -ioonid. Lahuses on ioonid täiesti püsivad ja iseseisvalt toimivad. Nende suunatud liikumine elektriväljas annab ainele või lahusele elektrijuhtivuse. Tahkes olekus ei juhi keedusool elektrivooli, kuna ioonid ei suuda tugevate iooniliste sidemete tõttu kristallist väljuda ja vabalt liikuda. Ained, mis esinevad lahuses ja sulas olekus ioonidena nimetatakse **elektrolüütideks**. Vees lahustuvad ioonilised ained on elektrolüüdid, kuna lahustumisel saavad neid moodustavad ioonid lahuses vabalt liikuda ja lahus juhib elektrit (vt joonis 6 B ja 6 C). Protsessi, millega kaasneb aine jagunemine ioonideks, nimetatakse **elektrolüütiliseks dissotsiatsiooniks**.

Sõltuvalt elektrolüütide jagunemisest ioonideks jaotatakse elektrolüüte kaheks:

- A) **Tugevad elektrolüüdid** on ained, mis on lahuses täielikult jagunenud ioonideks ja neis ei ole molekule (vt joonis 6 B). Tugevad elektrolüüdid on tugevate aluste, tugevate hapete ja lahustuvate iooniliste ainete (nt soolade) lahused. Näiteks vesinik-kloriidhape (HCl) ja naatriumhüdroksiid (NaOH) on mõlemad tugevad elektrolüüdid nagu ka nende sool naatriumkloriid (NaCl). Tugevate elektrolüütide lahused juhivad elektrit väga hästi.

B) **Nõrgad elektrolüüdid** on ained, mis on lahuses vaid osaliselt ioonideks jagunenud. See tähendab, et suurem osa lahustunud aineist on lahuses molekulidena ja väiksem sa ioonidena (vt joonis 6 C). Näiteks etaanhape ehk äädikhape (CH_3COOH) on nõrk elektrolüüt. Nõrkade elektrolüütide lahused juhivad elektrit halvemini, kui tugevate elektrolüütide lahused, kuna sisaldavad sama kontsentratsiooniga lahuste korral vähem ioone.

2. ÜLESANNE: MIS ON ELEKTROLÜÜT

Elektrolüüt on aine, mis esineb lahuses ja sulas olekus ioonidena. Selles ülesandes tutvud sa kolme lahusega ning määrad, kas tegemist on elektrolüüdi või mitte-elektrolüüdi lahusega lähtudes nende võimest juhtida elektrit.

Loe enne ülesande täitmist hoolega läbi tööjuhend.

Töövahendid:

Kraanivesi

Keedusool

Suhkur

2 plastmasslusikat

3 läbipaistvat suuremat plasttopsi

Mõõtevahend patareiga

Töö käik:

1. Too materjalikeskusest vajalikud töövahendid.
2. Märkista suured plasttopsid järgmiselt: „vesi“, „sool“ ja „suhkur“.
3. Kalla igasse topsi vett kuni kriipsuni.
4. Lisa topsi, mille tähistasid „sool“, üks lusikatäis soola. Sega lahust seni kuni kogu sool on lahustunud.
5. Lisa topsi, mille tähistasid „suhkur“, üks lusikatäis suhkrut. Sega lahust seni kuni kogu suhkur on lahustunud.
6. Tops, mille tähistasid „vesi“, jääb ülesandes etaloniks, millele pole lisatud uuritavaid aineid.
7. Aseta elektrodid kõigepealt veega täidetud topsi.
8. Jälgi toimuvaid muutusi ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 2A tabeli lahtrisse „**TÄHELEPANEKUD**“.

9. Nüüd aseta elektrodid suhkrulahusesse.
10. Jälgi toimuvaid muutusi ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehele 2A tabeli lahtrisse „**TÄHELEPANEKUD**“
11. Loputa elektrodid enne soolalahusse panemist veega üle.
12. Seejärel aseta elektrodid soolalahusesse.
13. Jälgi toimuvaid muutusi ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 2A tabeli lahtrisse „**TÄHELEPANEKUD**“.
14. Vajadusel korda katseid. Ära unusta erinevatesse lahustesse elektroode viies need enne veega loputada.
15. Ülesande lõpuks vii kõik materjalid tagasi materjalikeskusesse ja puhasta tööpind.

Kokkuvõte:

Vasta elektrolüütide lahuste uurimise kokkuvõtteks töölehel 2B olevatele küsimustele.

3. ÜLESANNE: TUGEV JA NÕRK ELEKTROLÜÜT

Elektrolüüt on aine, mis lahustumisel või sulamisel jaguneb ionideks ja juhib elektrit. Tugev elektrolüüt on aine, mis jaguneb täielikult ionideks, nõrk elektrolüüt aga jaguneb osaliselt ionideks. Selles ülesandes tutvud sa tugeva ja nõrga elektrolüüdi erinevustega.

Loe enne ülesande täitmist hoolega läbi tööjuhend.

Töövahendid:

Kraanivesi (2 topsi: üks lahuste lahjendamiseks, teine elektrodide pesemiseks)

Äädikhape ehk etaanhappe (CH_3COOH) vesilahus

Soolhape ehk vesinikkloriidhappe (HCl) vesilahus

3 suurt katseklaasi: üks äädikhappega, teine soolhappega ja kolmas veega

Katseklaasi hoidja / statiiv

Mõõtevahend patareiga

Töö käik:

1. Too materjalikeskusest vajalikud töövahendid. Äädikhape ja soolhape vesilahused on juba katseklaasis olemas. **NB! Kuna tegemist on söövitavate ainetega, siis TOIMETADA nendega väga ettevaatlikult. Käele sattudes pesta käed koheselt veega puhtaks ja teavitada sellest õpetajat.**

2. Aseta esmalt elektrodid veega täidetud katseklaasi. Jälgi toimuvaid muutusi ning pane oma tähelepanekud kirja töölehel 3A olevasse tabelisse. Jälgi elektripirni põlemist. **NB! Veega täidetud katseklaas jääb ülesandes etaloniks, mis ei sisalda uuritavaid aineid.**
 3. Nüüd aseta elektrodid etaanhappega katseklaasi nii, et elektrodid ulatuksid kindlasti happe lahusesse.
 4. Jälgi toimuvaid muutusi ning pane kõik oma tähelepanekud kirja töölehel 3A olevasse tabelisse. NB! Jälgi elektripirni põlemist.
 5. Pese elektrodid veega puhtaks.
 6. Nüüd aseta elektrodid soolhappega katseklaasi nii, et elektrodid ulatuksid kindlasti happe lahusesse.
 7. Jälgi toimuvaid muutusi ning pane kõik oma tähelepanekud kirja töölehel 3A olevasse tabelisse. NB! Jälgi elektripirni põlemist.
 8. Pese elektrodid veega puhtaks.
 9. Seejärel vala esialgsete hapete lahuste lahjendamiseks neile ettevaatlikult juurde vett kuni esimese kriipsuni.
 10. Loksuta katseklaase ettevaatlikult, et lahused seguneksid.
 11. Korda punkte 4.-9.
 12. Nüüd vala lahjendatud hapete lahustele veel juurde vett kuni järgmise kriipsuni, et lahuseid veel lahjendada.
 13. Loksuta katseklaase ettevaatlikult, et lahused seguneksid
 14. Korda punkte 4.-9.
 15. Vajadusel korda katseid. Selleks küsi õpetajalt esialgseid hapete lahuseid.
- NB! Ära unusta pesta elektroode veega, kui uurid erinevate hapete lahuseid või viid elektroode kangemast lahusest lahjemasse lahusesse!**
16. Ülesande lõpuks vii kõik materjalid tagasi materjalikeskusesse ja puhasta tööpind.

Kokkuvõte:

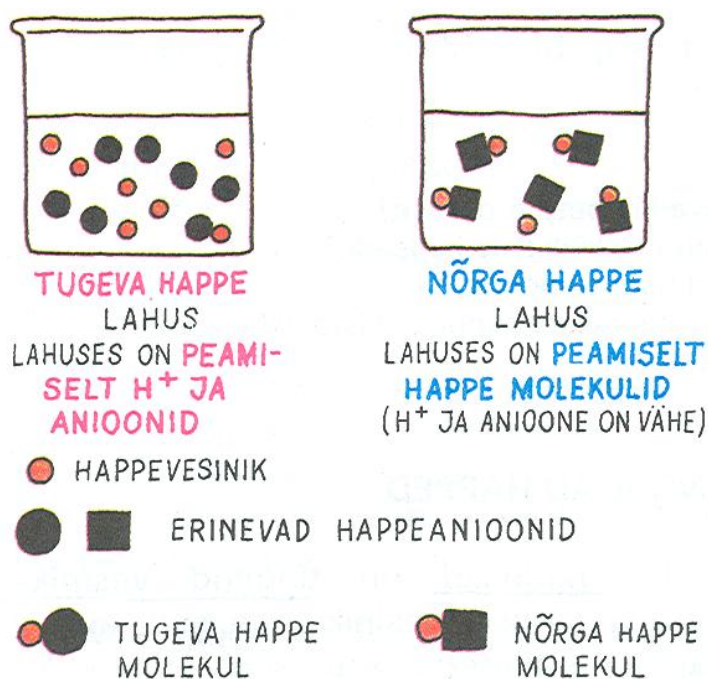
Vasta elektrolüütide lahuste uurimise kokkuvõtteks töölehel 3B olevatele küsimustele.

III HAPPED JA ALUSED

Argielus oleme kokku puutunud paljude hapetega. Meenutame happeid, mis esinevad marjades ja puuviljades või neist valmistatud mahlades ja toiduainetes: õunhape – õuntes, pirnides; sidrunhape – sidrunites, pihlakates; äärikhape – marineeritud kurkides; väävelhape – akuhappes. Aluseid kohtame aga mõnevõrra vähem. Nii on naatriumhüdroksiidi (NaOH) ehk seebikivi kasutatud seebi valmistamiseks; ammoniumhüdraadi ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) vesilahust kasutatakse meditsiinis inimeste turgutamiseks või kosmeetikas juuste värvimise juures.

Happed on liitained, millel on happelised omadused. Happed koosnevad vesinikiooni(de)st (H^+) ja happe anioonist. Näiteks soolhape ehk vesinikkloriidhape (HCl) koosneb ühest vesinikioonist (H^+) ja happe anioonist, milleks on kloriidioon (Cl^-); väävelhape (H_2SO_4) koosneb kahest vesinikioonist (H^+) ja happe anioonist, milleks on sulfaatioon (SO_4^{2-}). Happed on ained, mis annavad lahusesse **vesinikioone** (H^+). Viimastest on tingitud mitmed hapetele iseloomulid omadused.

Sõltuvalt sellest, kui suur osa happe molekulidest on vees lahustumisel eraldunud vesinikioone (H^+), jaotatakse happed tugevateks hapeteks (tugevad elektrolüüdid) ja nõrkadeks hapeteks (nõrgad elektrolüüdid). Joonisel 7 on võrdlevalt kujutatud tugeva happe ja nõrga happe lahuseid.



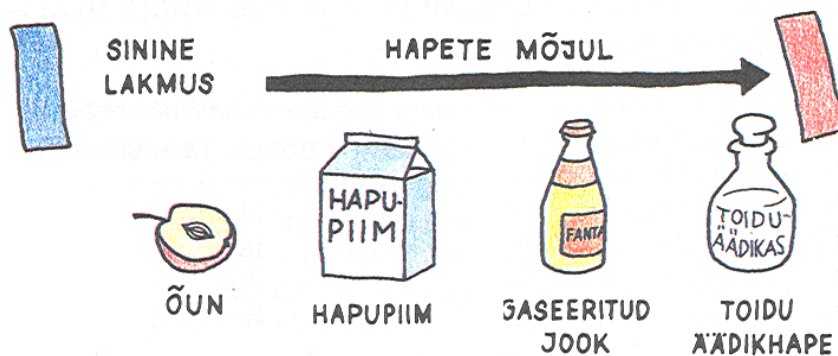
Joonis 7. Tugeva ja nõrga happe koostise erinevus vesilahuses (Karik, H., Liivanurm, T. (1996). Keemia VIII klassile, lk 106)

Tugeva happe lahuses on peamiselt vesinikioonid ja happeanioonid, happe molekule seal praktiliselt pole. Nõrga happe lahuses on ülekaalus happe molekulid ja väga vähe vesinikioone ja happeanioone.

Alused on liitained, millel on aluselised omadused. Alused koosnevad metalli katioonidest ja hüdroksiidioonidest (OH^-). Näiteks naatriumhüdroksiid (NaOH) koosneb Na^+ -ioonist ja hüdroksiidioonist (OH^-); kaltsiumhüdroksiid (Ca(OH)_2) koosneb Ca^{2+} -ioonist ja kahest OH^- -ioonist. Alused on ained, mis annavad lahusesse **hüdroksiidioone** (OH^-). Kõik alustele iseloomulikud omadused on tingitud nende lahuses esinevatest hüdroksiidioonidest. Aluseid on võimalik liigitada samuti tugevateks alusteks ja nõrkadeks alusteks. Tugeva aluse lahuses on peamiselt hüdroksiidioonid ja metalli katioonid, aluse „molekule“ seal praktiliselt pole. Nõrga aluse lahuses on ülekaalus aluse „molekulid“ ja väga vähe hüdroksiidioone ja metalli katioone.

Nii happeid kui aluseid aga annab kindlaks teha spetsiaalsete ainetega – indikaatoritega. **Indikaatorid** on ained, mis muudavad oma värvi vastavalt happelise või aluselise keskkonnaga kokkupuutumisel. Indikaatori värvuse muutus osutab, kas lahuses on hapet või alust, teisisõnu kas lahus on happeline või aluseline. Indikaatoreid võib leida kõikjal meie ümber. Näiteks keemialaboris kasutatakse hapete tuvastamiseks sinist lakmust ja metüüloranži, mis muutuvad happelises keskkonnas punaseks (vt joonis 8). Aluste määramiseks aga kasutatakse näiteks fenoolftaleiini, mille värvusetu lahus muutub aluselisele lahusele lisades roosaks.

Ka igapäevaelus kasutatavate ainete seas esineb indikaatoreid, nn looduslikke indikaatoreid. Nii muutub punase peedimahla värvus happe mõjul erksamaks, lillakaspunane mustikamahl aga helepunaseks. Aluselisele lahusele lisamisel muutub lillakaspunane mustikamahl aga hoopis sinakasroheliseks. Nii saab kergesti ja ilma maitsmata tuvastada happelist või aluselist lahust.



Joonis 8. Hapetes muutub indikaatori värvus (sinine lakmus muutub punaseks) (Karik, H., Liivanurm, T. (1996). Keemia VIII klassile, lk 98)

4. ÜLESANNE: HAPPED JA ALUSED

Happed on liitained, millel on happelised omadused. Alused aga liitained, millel on aluselised omadused. Nii happelisi kui aluselisi lahuseid annab kindlaks teha spetsiaalsete ainetega – indikaatoritega.

Indikaatorid on ained, mis muudavad oma värvi vastavalt happelise või aluselise keskkonnaga kokkupuutumisel. Indikaatoreid võib leida kõikjal meie ümber. Näiteks mustikamahl muutub happele lisamisel helepunaseks, alusele lisamisel aga hoopis sinakas-roheliseks.

Loe enne ülesande täitmist hoolega läbi tööjuhend.

Töövahendid:

6 tundmatut lahust (kõik lahused on sama kontsentratsiooniga)

Väikesed plasttopsides uuritavate lahustega

Mustikamahl

Süstal / tilgapudel

Töö käik:

1. Too materjalikeskusest vajalikud töövahendid.
2. Vaatle tundmatuid lahuseid ja kirjelda nende omadusi. **NB! Ära maitse!**
3. Kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 4A tabeli lahtrisse „**ENNE**“.
4. Seejärel võta süstlaga veidikene mustikamahla ning lisa seda esimesele lahusele.
5. Loksuta topsi ettevaatlikult, et lahused seguneksid.
6. Jälgi toimunud muutusi ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 4A tabeli lahtrisse „**PÄRAST**“. NB! Jälgi indikaatori värvuse muutust.
7. Seejärel korda katset ka teiste lahustega. **NB! Lisa igasse uuritavasse lahusesse enam-vähem sama kogus indikaatorit (mustikamahla).**
8. Jälgi toimunut ning kirjuta kõik oma tähelepanekud tabelisse.
9. Otsusta indikaatori värvimuutuste järgi, kas uuritavad lahused olid happelised või aluselised ning vastavalt sellele, millised ioonid olid lahuses ülekaalus.

Tee rist töölehel 4A tabeli õigesse lahtrisse.
10. Vajadusel korda katseid.
11. Ülesande lõpuks vii kõik materjalid tagasi materjalikeskusesse ja puhasta tööpind.

Kokkuvõte

Vasta ülesande kokkuvõtteks töölehel 4B olevatele küsimustele.

5. ÜLESANNE: HAPETE TUGEVUS

Happed on leidnud meie igapäeva elus palju kasutust. Me kasutame neid söögi-valmistamiseks, puhastusvahendites, keemiatööstuses. Me sööme väga palju toiduaineid, mis sisaldavad mitmeid happeld. Sidrunhapet leidub mitmetes puuviljades nagu näiteks sidrunid, apelsinid jt. Igapäevaelus kasutatav toiduäädikas sisaldab ligikaudu 30% äädikhapet ehk etaanhapet (CH_3COOH). Soolhape ehk vesinikkloriidhape (HCl) omab väga olulist rolli eluslooduses, kuuludes maomahla koostisesse. Süsihapet (H_2CO_3) kasutatakse näiteks karastusjookide valmistamisel. Kahes järgmises ülesandes uurid sa erinevate happelahuste tugevusi.

Loe enne ülesande täitmist hoolega läbi tööjuhend.

Töövahendid:

Kraanivesi (kui etalon)

3 happe lahust: äädikhape, sidrunhape, soolhape (kõik happelahused on sama kontsentratsiooniga)

Väikesed plasttopsid lahuste jaoks

Mustikamahl

Süstal / tilgapudel

Töö kõik:

1. Too materjalikeskusest vajalikud töövahendid.
2. Vaatle uuritavaid lahuseid ja kirjelda nende omadusi. **NB! Ära maitse!**
3. Kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 5A tabeli lahtrisse „**ENNE**“.
4. Seejärel võta süstlaga mustikamahla ning lisa seda esimesele lahusele.
5. Loksuta topsi ettevaatlikult, et lahused seguneksid.
6. Jälgi toimunud muutusi ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 5A tabeli lahtrisse „**PÄRAST**“. NB! Jälgi indikaatori värvuse muutust.
7. Seejärel korda katset ka teiste lahustega. **NB! Jälgi, et sa lisaksid kõikidesse uuritavatesse lahustesse enam-vähem sama koguse indikaatorit (mustikamahla).**
8. Jälgi toimunut ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 5A tabelisse.

9. Vajadusel korda katseid.
10. Ülesande lõpuks vii kõik materjalid tagasi materjalikeskusesse ja puhasta tööpind.

6. ÜLESANNE: KAS HAPPELAHUSED JUHIVAD ELEKTRIT?

Käesolevas ülesandes uurid sa, kas sinu jaoks juba tuttavad happed juhivad elektrit või mitte.

Loe enne ülesande täitmist hoollega läbi tööjuhend.

Töövahendid:

Kraanivesi

3 happelahust: äädikhape, sidrunhape, soolhape (kõik lahused on sama kontsentratsiooniga)

Väikesed plasttopsid lahuste jaoks

Mõõtevahend patareiga

Töö käik:

1. Too materjalikeskusest vajalikud töövahendid.
2. Aseta elektroodid kõigepealt veega täidetud topsi.
3. Jälgi toimuvaid muutusi ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 6A tabeli lahtrisse „**TÄHELEPANEKUD**“. NB! Jälgi elektripirni põlemist.
4. Seejärel vii elektroodid esimesse happe lahusesse. Jälgi toimunut ning kirjuta oma tähelepanekud töölehele 6A.
5. Korda sama ka teiste uuritavate lahustega. **NB! Pese elektroode iga kord veega enne järgmisesse lahusesse panemist.**
6. Vajadusel korda katseid.
7. Ülesande lõpuks vii kõik materjalid tagasi materjalikeskusesse ja puhasta tööpind.

Kokkuvõte

Vasta kahe viimase ülesande kokkuvõtteks töölehel 6B olevatele küsimustele.

7. ÜLESANNE: ALUSTE TUGEVUS

Eelnevalt uurisid sa erinevaid happelisi lahuseid, nende omadusi ning võrdlesid neid omavahel. Kahes järgmises ülesandes vaatled sa aga erinevaid aluselisi lahuseid ning selgitad välja nende omadused.

Nagu sa juba varem lugeda said, siis alustega puutume me igapäevaelus mõnevõrra vähem kokku kui hapetega. Aluseid võivad sisaldada mitmed koduses majapidamises kasutatavad puhastusvahendid. Näiteks sisaldab Torusiil naatriumhüdroksiidi (NaOH). Naatrium-hüdroksiid on valge tahke aine, mis lahustub vees väga hästi, eraldades seejuures palju soojust. Rahvapäraselt on naatriumhüdroksiidi nimetatud ka seebikiviks. Rasvade keetmisel naatriumhüdroksiidiga on võimalik saada seepi. Tugevalt aluseline on ka näiteks kustutatud lubja Ca(OH)_2 (kaltsiumhüdroksiidi) vesilahus.

Loe enne ülesande täitmist hoolega läbi tööjuhend.

Töövahendid:

Kraanivesi (kui etalon)

3 aluselist lahust (kõik lahused on sama kontsentratsiooniga)

Väikesed plasttopsids lahuste jaoks

Mustikamahl

Süstal / tilgapudel

Töö käik:

1. Too materjalikeskusest vajalikud töövahendid.
2. Vaatle uuritavaid lahuseid ja kirjelda nende omadusi. **NB! Ära maitse!**
3. Kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 7A tabeli lahtrisse „**ENNE**“.
4. Seejärel võta süstlaga veidi mustikamahla ning lisa seda esimesele lahusele.
5. Loksuta topsi ettevaatlikult, et lahused seguneksid.
6. Jälgi toimunud muutusi ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 7A tabeli lahtrisse „**PÄRAST**“. NB! Jälgi indikaatori värvuse muutust.
7. Seejärel korda katset ka teiste lahustega. **NB! Jälgi, et lisaksid mustikamahla igale uuritavale lahusele enam-vähem samas koguses.**
8. Jälgi toimunut ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 7A tabelisse.
9. Vajadusel korda katseid.
10. Ülesande lõpuks vii kõik materjalid tagasi materjalikeskusesse ja puhasta tööpind.

8. ÜLESANNE: KAS ALUSTE LAHUSED JUHIVAD ELEKTRIT?

Käesolevad ülesandes uurid sa, kas aluste lahused juhivad elektrit või mitte.

Loe enne ülesande täitmist hoolega läbi tööjuhend.

Töövahendid:

Kraanivesi

3 aluselist lahust (kõik lahused on sama kontsentratsiooniga)

Väikesed plasttopsids lahuste jaoks

Mõõtevahend patareiga

Töö käik:

1. Too materjalikeskusest vajalikud töövahendid.
2. Aseta elektrodid kõigepealt veega topsi. Jälgi toimuvaid muutusi ning kirjuta kõik oma tähelepanekud töölehe 8A tabeli lahtrisse „**TÄHELEPANEKUD**“.
3. Seejärel vii elektrodid esimesse lahusesse. Jälgi toimunut ning kirjuta oma tähelepanekud töölehele 8A. NB! Jälgi elektripirni põlemist.
4. Korda sama ka teiste uuritavate lahustega. **NB! Pese elektroode iga kord veega enne järgmisesse lahusesse panemist.**
5. Vajadusel korda katseid.
6. Ülesande lõpuks vii kõik materjalid tagasi materjalikeskusesse ja puhasta tööpind.

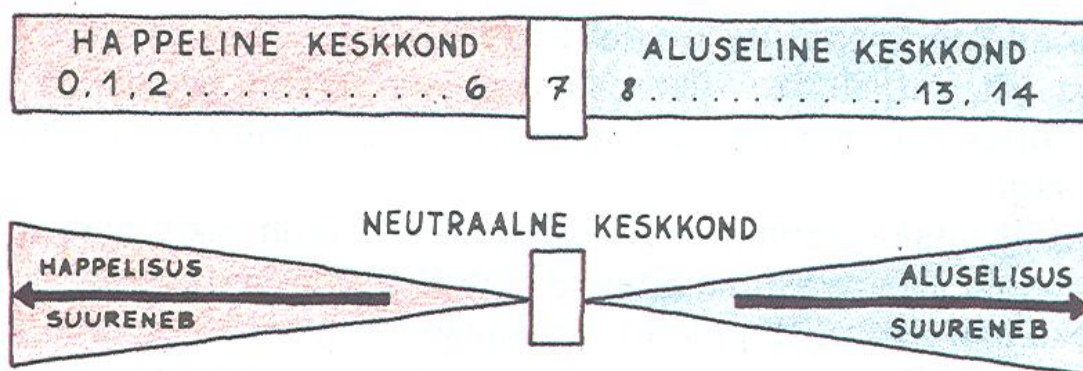
Kokkuvõte

Vasta kahe viimase ülesande kokkuvõtteks töölehel 8B olevatele küsimustele.

9. ÜLESANNE: HAPPED, ALUSED RITTA – ÜKS, KAKS, KOLM!

Indikaatori abil saame kindlaks teha, milline on uuritava lahuse keskkond. Tihti on vaja aga täpsemalt uuritavaid lahuseid iseloomustada. Näiteks kuivõrd happeline või aluseline lahus on.

Happelisuse ja aluselisuse iseloomustamiseks on kasutusele võetud eriline suurus – **pH**. Lahuse pH väljendab vesinikioonide sisaldust lahuses. Tavaliselt kasutatavate lahuste pH on vahemikus 0...14. pH arväärtuste skaalat tutvustab joonis 9.



Joonis 9. pH arväärtuste skaala

(Karik, H., Liivanurm, T. (1996). Keemia VIII klassile, lk 120)

Loe enne ülesande täitmist hoolega läbi tööjuhend.

Töövahendid:

5 uuritavat lahust (tähistatud tähtedega A-E)

Väikesed plasttopsids lahuste jaoks

Mustikamahl

Süstal / tilgapudelid

Töö käik:

1. Too materjalikeskusest vajalikud töövahendid.
2. Vaatle töölehel 9A kujutatud pH skaalat ning sellele märgitud uuritavate ainete pH väärtusi.
3. Seejärel võta süstlaga mustikamahla ning lisa seda esimesele lahusele.
4. Loksuta topsi ettevaatlikult, et lahused seguneksid.
5. Korda katset ka teiste lahustega. **NB! Jälgi, et lisaksid mustikamahla igale uuritavale lahusele enam-vähem samas koguses.**
6. Jälgi toimunud muutusi ning täida katse põhjal töölehel 9A olev tabel.
7. Vajadusel korda katseid.
8. Ülesande lõpuks vii kõik materjalid tagasi materjalikeskusesse ja puhasta tööpind.

Kokkuvõte

Vasta ülesande kokkuvõtteks töölehel 9B olevatele küsimustele ja lahenda ülesanded töölehel 9C.

Kasutatud kirjandus

Tamm, L. (2001). KEEMIA VIII klassile. Aatomitest aineteni. AVITA.

Tamm, L.; Timotheus, H. (2001). KEEMIA IX klassile. Keemilistest reaktsioonidest argieluni. AVITA.

HAPPED JA ALUSED

Õpilaste loodusteaduslik päevik

EESNIMI:

KLASS:.....

TÖÖLEHT 1A

Iseloomusta iga tundmatut ainet (nt nende värvus, lõhn, olek, kuju ja muud tähelepanekud).

	ISELOOMUSTUS
AINE 1	
AINE 2	
AINE 3	
AINE 4	

TÖÖLEHT 1B

Tabelit täites vasta lisaks oma tähelepanekutele ka järgmistele küsimustele:

- Mis juhtus tahke ainega? Kas seda on endiselt näha?
- Kuidas näeb välja lahus? Võrdle seda puhta veega suures topsis. Kas segu erineb millegi poolest puhtast veest? Kui jah, siis kuidas?
- Kuidas muutis segamine lahuste väljanägemist?

Tundmatu aine	ENNUSTUS Mis juhtub ainega vette pannes?	VAHEPEAL Mis juhtus?	PÄRAST Mis juhtus?
AINE 1			
AINE 2			
AINE 3			
AINE 4			

TÖÖLEHT 1C

Ülesande kokkuvõtteks vasta järgmistele küsimustele:

- A. Mis on lahus?
- B. Mis on lahusti?
- C. Mis on lahustunud aine?
- D. Mida sa õppisid, kui tegid segusid veest ja tundmatutest ainetest?
- E. Mille poolest sinu valmistatud lahused sarnanesid?
- F. Mille poolest sinu valmistatud lahused erinesid?

TÖÖLEHT 2A

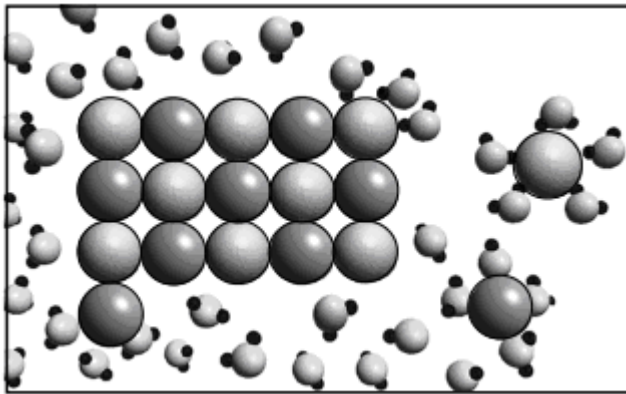
Kirjuta tabelisse kõik katse käigus ilmenud tähelepanekud. NB! Jälgi, mis toimub elektripirniga ja pane kindlasti nähtu kirja.

LAHUS	TÄHELEPANEKUD
VESI	
SUHKRULAHUS	
SOOLALAHUS	

TÖÖLEHT 2B

Ülesande kokkuvõtteks vasta järgmistele küsimustele:

- A. Mille järgi sa teed kindlaks, et lahus juhib elektrit?
- B. Miks soolalahus juhtis elektrit? Tee joonis lahuses toimuvast.
- C. Miks suhkrulahus ei juhtinud elektrit? Tee joonis lahuses toimuvast.
- D. Mis on elektrolüüt?
- E. Kas keedusool on elektrolüüt? Põhjenda oma vastust.
- F. Kas suhkur on elektrolüüt? Põhjenda oma vastust.
- G. Märgi joonisele 1 ioonide laengud („+“ ja „-“).



Joonis 1.

TÖÖLEHT 3A

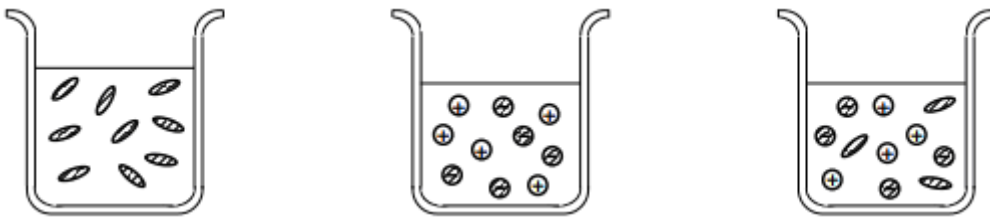
Kirjuta tabelisse kõik katse käigus ilmenud tähelepanekud. NB! Jälgi elektripirni põlemist.

	VESI		ÄÄDIKHAPE	SOOLHAPE
TÄHELEPANEKUD		ALGLAHUS		
		1. LAHJENDUS		
		2. LAHJENDUS		

TÖÖLEHT 3B

Ülesande kokkuvõtteks vasta järgmistele küsimustele:

- A. Kas äädikhape on elektrolüüt? Põhjenda oma vastust.
- B. Kas soolhape on elektrolüüt? Põhjenda oma vastust.
- C. Mida sa avastasid erineva kontsentratsiooniga äädikhappe lahuste uurimisel?
Mis võib sinu avastuse põhjuseks olla?
- D. Mida sa avastasid erineva kontsentratsiooniga soolhappe lahuste uurimisel?
Mis võib sinu avastuse põhjuseks olla?
- E. Miks ei tohi viia elektroode otse kangemast lahusest lahjemasse lahusesse, vaid peab enne pesema?
- F. Kirjuta joonise 2 juurde keeduklaaside alla, milline neist võiks sisaldada soolhapet ja milline äädikhapet. Põhjenda oma valikut.



Joonis 2.

TÖÖLEHT 4A

Kirjuta tabelisse kõik katse käigus ilmenud tähelepanekud. Otsusta kas tundmatud ained on happed või alused ning kas lahuses on ülekaalus H^+ -ioonid või OH^- -ioonid. Tee rist vastavasse lahtrisse.

AINE	Indikaatori värvus ENNE katset	Indikaatori värvus PÄRAST katset	HAPE (Kas keskkond on happeline?)	ALUS (Kas keskkond on aluseline?)	ÜLEKAALUS H^+ -IOONID	ÜLEKAALUS OH^- -IOONID
AINE 1						
AINE 2						
AINE 3						
AINE 4						
AINE 5						
AINE 6						

TÖÖLEHT 4B

Ülesande kokkuvõtteks vasta järgmistele küsimustele:

- A. Mille järgi sa otsustasid, et kas tegemist on happe või alusega?
- B. Mille järgi sa otsustasid, et kas lahuses on ülekaalus H^+ -või OH^- -ioonid.
- C. Miks mõni lahus ei muuda mustikamahla värvust?

TÖÖLEHT 5A

Kirjuta tabelisse kõik katse käigus ilmenud tähelepanekud.

LAHUS	Indikaatori värvus ENNE katset	Indikaatori värvus PÄRAST katset
ÄÄDIKHAPE		
SIDRUNHAPE		
SOOLHAPE		

TÖÖLEHT 6A

Kirjuta tabelisse kõik katse käigus ilmenud tähelepanekud. NB! Jälgi elektripirni põlemist.

LAHUS	TÄHELEPANEKUD
VESI	
ÄÄDIKHAPE	
SIDRUNHAPE	
SOOLHAPE	

TÖÖLEHT 6B

Vasta järgmistele küsimustele:

- A. Mille poolest sarnanesid uuritud hapete lahused?
- B. Mille poolest erinesid uuritud hapete lahused?
- C. Kas hapete lahused juhtisid elektrit? Millest sa seda järeldad?
- D. Miks mõne lahuse puhul põles elektripirn heledamalt kui teise lahuse puhul, kuigi lahused sisaldasid sama koguse happeosakesi?

TÖÖLEHT 7A

Kirjuta tabelisse kõik katse käigus ilmenud tähelepanekud.

LAHUS	Indikaatori värvus ENNE katset	Indikaatori värvus PÄRAST katset
LAHUS 1		
LAHUS 2		
LAHUS 3		

TÖÖLEHT 8A

Kirjuta tabelisse kõik katse käigus ilmenud tähelepanekud. NB! Jälgi elektripirni põlemist.

LAHUS	TÄHELEPANEKUD
VESI	
LAHUS 1	
LAHUS 2	
LAHUS 3	

TÖÖLEHT 8B

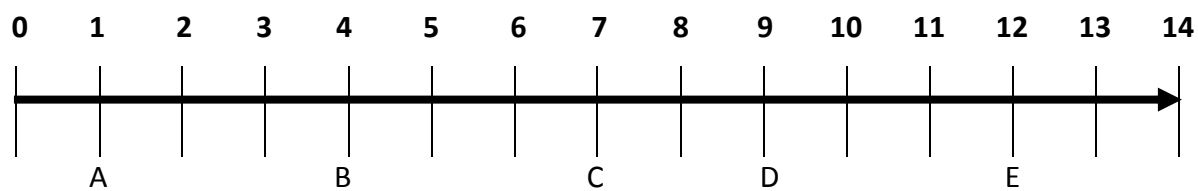
Vasta järgmistele küsimustele:

- A. Mille poolest sarnanesid uuritud aluste lahused?
- B. Mille poolest erinesid uuritud aluste lahused?
- C. Kas uuritud aluste lahused juhivad elektrit? Millest sa seda järeldad?
- D. Miks mõne lahuse puhul põles elektripirn heledamalt kui teise lahuse puhul, kuigi lahused sisaldasid sama koguse uuritava aine osakesi?

TÖÖLEHT 9A

Järgmine joonis kujutab endast pH-skaalat, mille peale on märgitud pH väärtused 0-st 14-ni ning ülesandes uuritavad ained vastavalt nende pH väärtustele.

pH-skaala



Täida tabel:

LAHUS	Mis värvi muutus indikaator?	Kas lahus on happeline või aluseline?	Millised ioonid on lahuses ülekaalus?
A			
B			
C			
D			
E			

TÖÖLEHT 9B

- A. Märki töölehel 9A olevale pH-skaalale järgmised piirkonnad: happeline, aluseline ja neutraalne.
- B. Millised ioonid on domineerimas, kui $\text{pH} < 7$ (pH on väiksem kui 7)? Põhjenda oma vastust.
- C. Millised ioonid on domineerimas, kui $\text{pH} > 7$ (pH on suurem kui 7)? Põhjenda oma vastust.
- D. Iseloomusta lahust, mille $\text{pH} = 7$. Tee joonis lahuses olevatest osakestest.

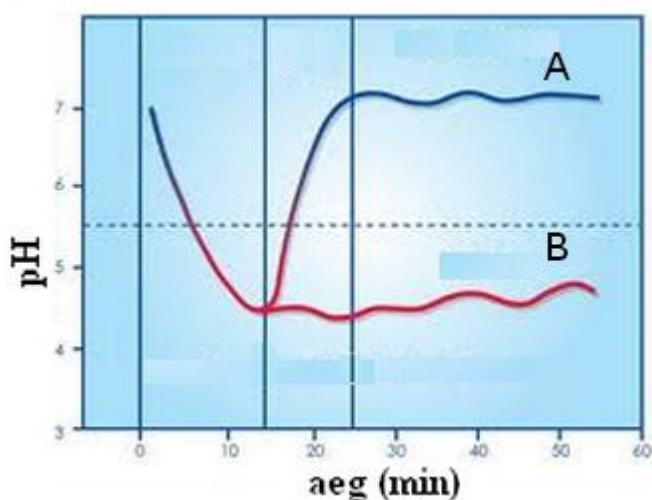
TÖÖLEHT 9C

- A) Erik pidi kirjutama ettekande teemal „Elektrolüüdid“. Õpetaja andis Erikule töö tagasi ja palus ära parandada 5 viga.

Leia Eriku tööst 5 viga. Tõmba vale sõna maha ja kirjuta selle kohale õige.

Ained, mis vees lahustumisel jagunevad aatomiteks, on elektrolüüdid. Elektrolüütide vesilahused juhivad elektrit. Tugevad happed, tugevad alused ja vees lahustuvad soolad on lahuses täielikult jagunenud ioonideks. Nende vesilahused juhivad elektrit halvasti. Tugevad happed ja nõrgad alused on lahuses osaliselt jagunenud aatomiteks. Nende vesilahused juhivad elektrit halvasti. Nõrgad happed ja nõrgad alused on tugevad elektrolüüdid.

- B) Kirjuta 50 sõnaline selgitus, mida saab allolevalt graafikult välja lugeda, kasutades „Happed ja alused“ õppematerjalist omandatud teadmisi, kogemusi ja sõnavara.



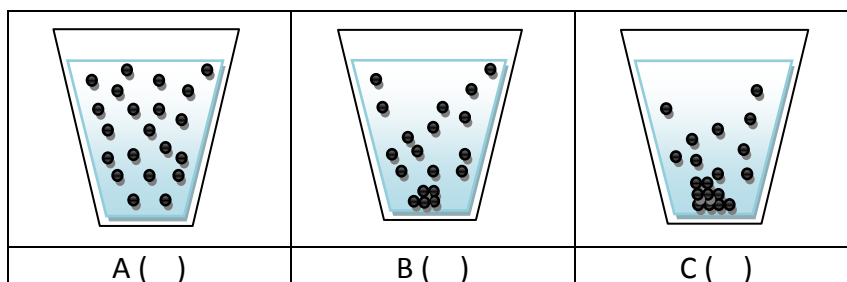
Lisa 3. Eeltest

EESNIMI:.....

HAPPED JA ALUSED

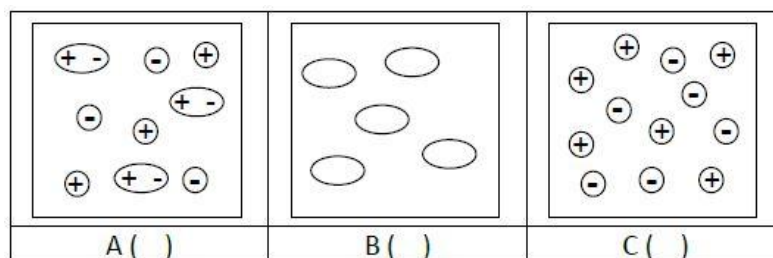
Eeltest

1. Millisel joonisel on kujutatud ühtlast lahust? Märgi õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



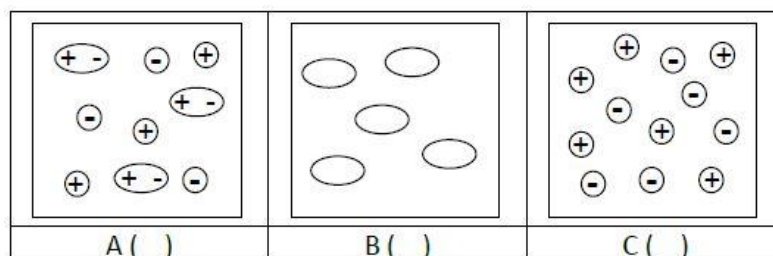
Põhjendus:

2. Milline järgmistest joonistest kujutab tugevat elektrolüüti? Märgi õige vastust ristiga ja põhjenda oma valikut.



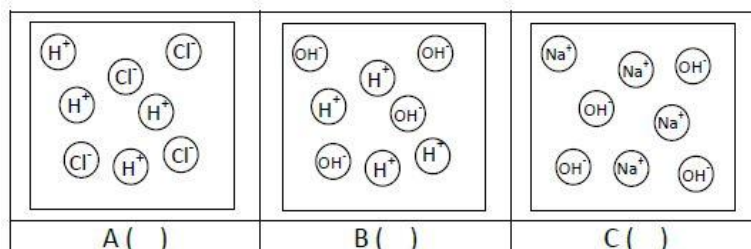
Põhjendus:

3. Milline joonis kujutab lahust, mis juhib elektrit halvasti? Märgi õige vastust ristiga ja põhjenda oma valikut.



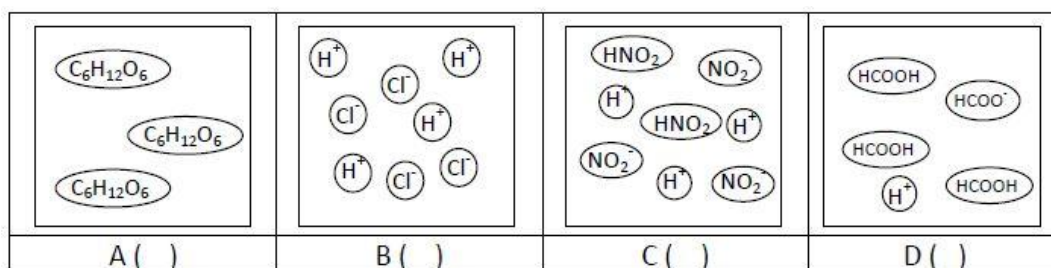
Põhjendus:

4. Millisel joonisel on kujutatud happe lahus? Märgi õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



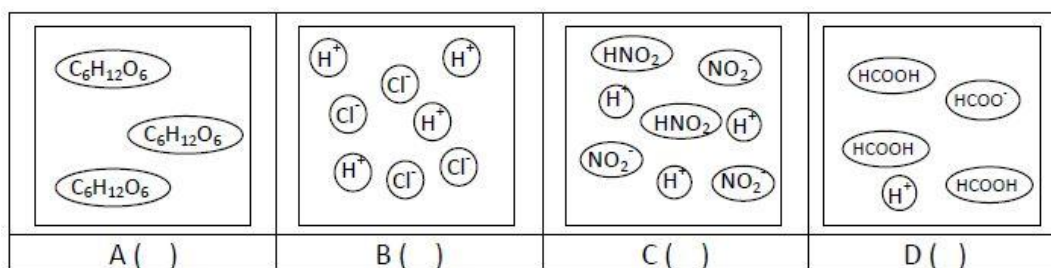
Põhjendus:

5. Milline joonis kujutab tugevat hapet? Märgi õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



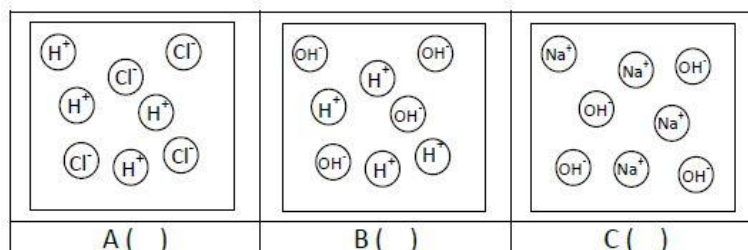
Põhjendus:

6. Milline joonis kujutab nõrka hapet? Märgi õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



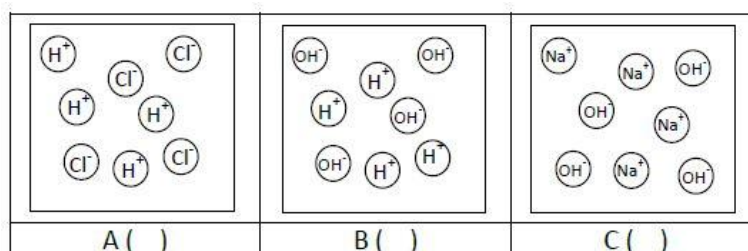
Põhjendus:

7. Millisel juhul on joonisel kujutatud aineosakesi sisaldav lahus aluselise keskkonnaga? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



Põhjendus:

8. Millise joonisel kujutatud lahuse osakeste korral on lahuse pH = 7? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



Põhjendus:

9. Selgita võimalikult täpselt väljendi „lahuse pH < 7“ („lahuse pH on väikem kui 7“) sisu.

.....

.....

.....

.....

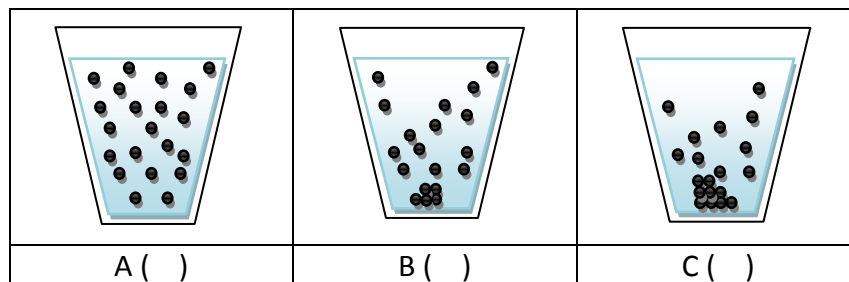
Lisa 4. Järeldest

EESNIMI:.....

HAPPED JA ALUSED

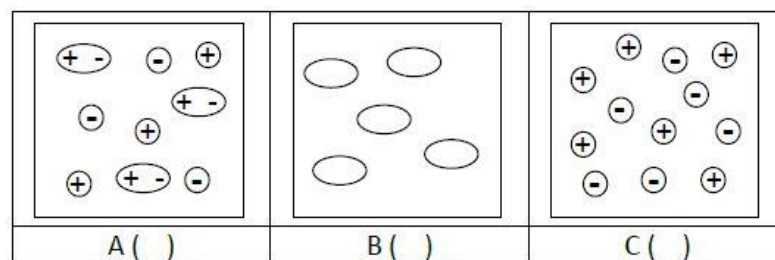
Järeldest

1. Millisel joonisel on kujutatud ühtlast lahust? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



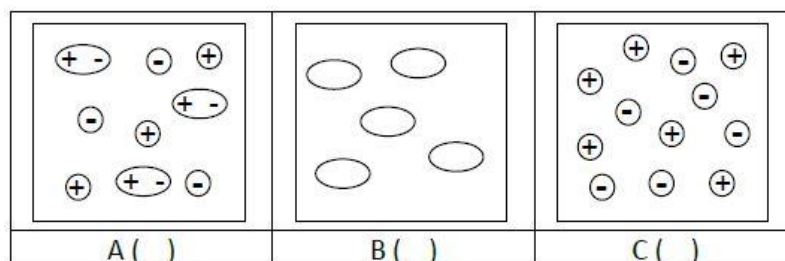
Põhjendus:

2. Milline järgmistest joonistest kujutab tugevat elektrolüüti? Märki õige vastust ristiga ja põhjenda oma valikut.



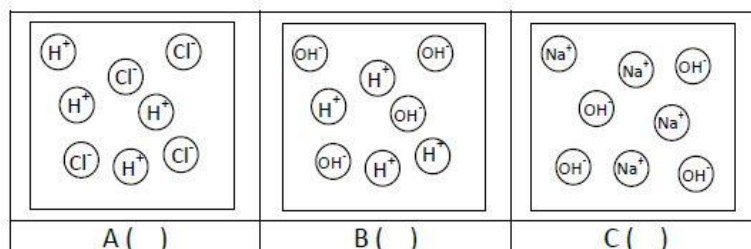
Põhjendus:

3. Milline joonis kujutab lahust, mis juhib elektrit halvasti? Märki õige vastust ristiga ja põhjenda oma valikut.



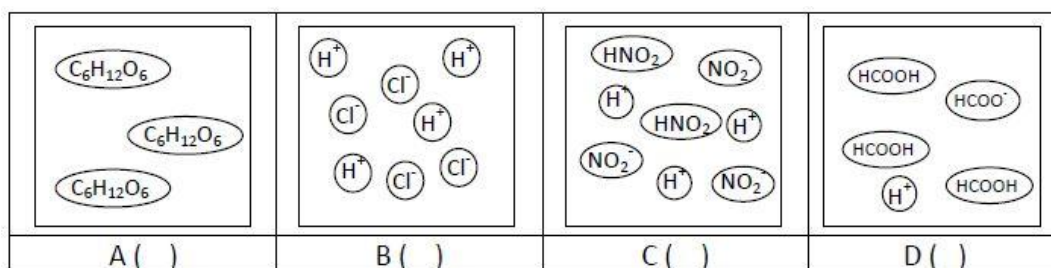
Põhjendus:

4. Millisel joonisel on kujutatud happe lahus? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



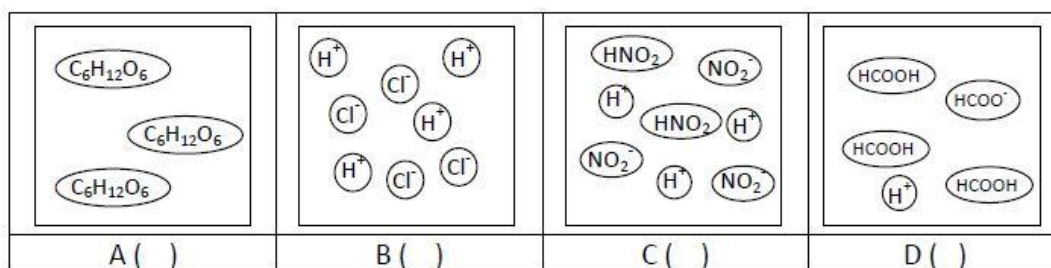
Põhjendus:

5. Milline joonis kujutab tugevat hapet? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



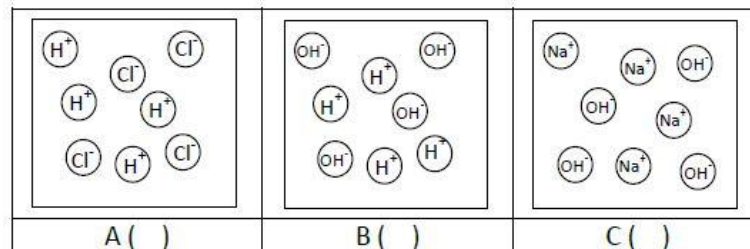
Põhjendus:

6. Milline joonis kujutab nõrka hapet? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



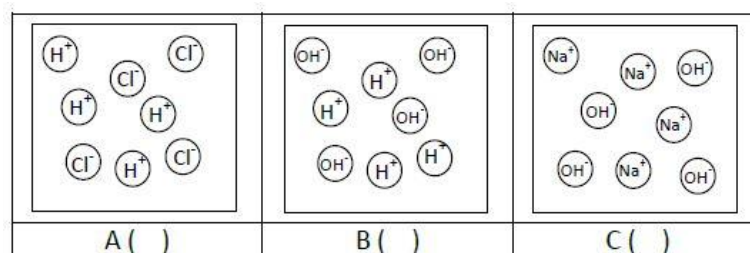
Põhjendus:

7. Millisel juhul on joonisel kujutatud aineosakesi sisaldav lahus aluselise keskkonnaga? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



Põhjendus:

8. Millise joonisel kujutatud lahuse osakeste korral on lahuse pH = 7? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.



Põhjendus:

9. Selgita võimalikult täpselt väljendi „lahuse pH < 7“ („lahuse pH on väikem kui 7“) sisu.

.....

.....

.....

.....

10. Loe läbi alljärgnev tekst ning lahenda Laura ja Karli probleem tuginedes õpitud teadmistele.

Laupäeval soovisid Laura ja Karl vanemaid abistada ning pakkusid end peale õhtusööki nõusid pesema. Lõpetanud töö, märkasid nad, et kraanikausist ei voola vesi enam hästi ära. Nad palusid appi isa, kes otsustis seepeale kapist välja vahendid, millega võiks ummistust kõrvaldada. Laura ja Karl lugesid puhastusvahendite pudelitelt silte ning otsustasid lõpuks kahe vahendi kasuks: Talpa ja Sanit-M. Nad valasid kraanikaussi esmalt Talpat ning seejärel ka Sanit-M-i, et ummistus kindlalt kõrvaldada. Nad lasid lahustel toimida ning läksid tunni möödudes ummistust kontrollima. Nende imestuseks, aga ei voolanud vesi endiselt väga hästi kraanikausist alla.

Sildid puhastusvahendite pudelitelt:

TALPA

Võimas vahend, mis eemaldab kanalisatsiooni ummistused. Lahustab tõhusalt rasva ja orgaanilised setted: juuksed, seebid jne, eemaldab ebameeldiva lõhna. Tapab mikroobe! Kasutamine: valamute, vannide või muude kanalisatsiooni süsteemide ummistuste eemaldamiseks valades vahendit vastavalt ummistusele – 300 ml, 500 ml või 1 l. Oota 20-60 minutit, seejärel loputa veega. Hoida temperatuuril 5-25 °C suletud pakendis. Garantiiage on piiramatud.

Sisaldab toimeainena naatriumhüdroksiidi.

Sanit-M

Vahend fajanss-, kahhelpindade ja WC-pottide puhastamiseks. Vahend kanda puhastatavale pinnale, lasta toimida 5-10 minutit ja loputada.

Eemaldab halva lõhna ja hävitab mikroobe.

Vahend on happeline (pH 1-2).

Miks ei õnnestunud Laural ja Karlil ummistust kõrvaldada?

.....

.....

.....

.....

Kuidas kõrvaldaksid sina antud olukorras ummistuse?

.....

.....

.....

.....

Lisa 5. Hinnanguküsimustik

Õpilase hinnang õppematerjalile „Happed ja alused“

Sinu vastused on anonüümsed.

Sugu: tüdruk / poiss

Palun hinda, mil määral sa nõustud toodud väidetega õppematerjali „Happed ja alused“ kohta. Tee rist vastavasse kasti ja põhjenda oma valikut.

Väide	Ei nõustu üldse	Pigem ei nõustu	Pigem nõustun	Nõustun täiesti
1. Õppematerjali eesmärgid olid mulle arusaadavad.				
Põhjendus:				
2. Antud õppematerjal tervikuna meeldis mulle.				
Põhjendus:				
3. Mulle meeldisid antud õppematerjali selgitavad osad.				
Põhjendus:				
4. Antud õppematerjaliga omandatud teadmisi saan kasutada igapäevaelus.				
Põhjendus:				
5. Antud õppematerjaliga omandatud teadmisi saan kasutada teistes õppeainetes.				
Põhjendus:				
6. Õppematerjali läbimise jooksul kulus õppimisele liiga palju aega.				
Põhjendus:				
7. Tundides kasutatud õppematerjalid ja õppevahendid olid mulle hästi arusaadavad.				
Põhjendus:				
8. Praktiliste tööde tegemine muutis antud teema huvitavamaks.				
Põhjendus:				
9. Praktiliste ülesannete täitmine aitas mul mõista läbitud teemade sisu.				
Põhjendus:				
10. Ülesannete lahendamine võimaldas mul teha järeldusi ja sõnastada oma otsuseid.				
Põhjendus:				
11. Koos paarilisega ülesannete lahendamine oli minu jaoks õppimise seisukohast tõhusam, kui neid üksi tehes.				
Põhjendus:				
12. Tundides saadud õpetajapoolne tugi oli piisav.				
Põhjendus:				

Lisa 6. Õpetaja tagasiside küsimustik

ÕPETAJA TAGASISIDE KÜSIMUSTIK

Õppematerjali sisu

1. Tooge välja õppematerjali „Happed ja alused“ tugevused.
2. Tooge välja õppematerjali „Happed ja alused“ nõrkused.
3. Mida võiks õppematerjalis „Happed ja alused“ muuta.
4. Kuidas hindate eel- ja järeltesti sobivust omandatud teadmiste kontrollimiseks?

Õppematerjali rakendamine koolis

1. Tooge välja õppematerjali „Happed ja alused“ rakendamise tugevused.
2. Tooge välja õppematerjali „Happed ja alused“ rakendamise nõrkused.
3. Mida võiks õppematerjali „Happed ja alused“ rakendamisel muuta.

Kokkuvõtteks

1. Kuidas õpetajale teema tervikuna meeldis? Hinda viiepalli süsteemis, kus 1 tähendab, et ei meeldinud üldse ja 5 meeldis väga.
2. Õpilaste tagasiside õpetajale (Sixtenile). Mida positiivset või negatiivset selle teemaga seoses õpilased mainisid?
3. Kas teeksite oma õpilastega sama ka järgmisel aastal?

Lisa 7. Hindamisjuhend

HAPPED JA ALUSED

Eel- ja järeltesti hindamisjuhend

- 1. Millisel joonisel on kujutatud ühtlast lahust? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.**

Õige valik 1 p (A), vale või puudulik valik 0 p.

Õige põhjendus 2 p (nt aineosakesed on lahuses ühtlaselt jaotunud), osaliselt õige põhjendus 1 p, vale või puudulik põhjendus 0 p.

- 2. Milline järgmistest joonistest kujutab tugevat elektrolüüti? Märki õige vastust ristiga ja põhjenda oma valikut.**

Õige valik 1 p (C), vale või puudulik valik 0 p.

Õige põhjendus 2 p (nt molekulid on täielikult ioonideks jaotunud), osaliselt õige põhjendus 1 p, vale või puudulik põhjendus 0 p.

- 3. Milline joonis kujutab lahust, mis juhib elektrit halvasti? Märki õige vastust ristiga ja põhjenda oma valikut.**

Õige valik 1 p (A), vale või puudulik valik 0 p.

Õige põhjendus 2 p (nt lahuses on nii molekule kui ioone; vähe ioone – lahus juhib elektrit halvasti), osaliselt õige põhjendus 1 p, vale või puudulik põhjendus 0 p.

- 4. Millisel joonisel on kujutatud happe lahus? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.**

Õige valik 1 p (A), vale või puudulik valik 0 p.

Õige põhjendus 2 p (nt hape koosneb vesinikioonidest ja happe anioonidest), osaliselt õige põhjendus 1 p, vale või puudulik põhjendus 0 p.

- 5. Milline joonis kujutab tugevat hapet? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.**

Õige valik 1 p (B), vale või puudulik valik 0 p.

Õige põhjendus 2 p (nt tugev hape on jagunenud täielikult ioonideks, molekule pole), osaliselt õige põhjendus 1 p, vale või puudulik põhjendus 0 p.

6. Milline joonis kujutab nõrka hapet? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.

Õige valik 1 p (D), vale või puudulik valik 0 p.

Õige põhjendus 2 p (nt nõrk hape on jagunenud osaliselt ioonideks, kõige vähem ioonideks jagunenud), osaliselt õige põhjendus 1 p, vale või puudulik põhjendus 0 p.

7. Millisel juhul on joonisel kujutatud aineosakesi sisaldav lahus aluselise keskkonnaga? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.

Õige valik 1 p (C), vale või puudulik valik 0 p.

Õige põhjendus 2 p (nt aluselises lahuses on ülekaalus OH^- ioonid, vähe/puuduvad H^+ ioonid), osaliselt õige põhjendus 1 p, vale või puudulik põhjendus 0 p.

8. Millise joonisel kujutatud lahuse osakeste korral on lahuse pH = 7? Märki õige vastus ristiga ja põhjenda oma valikut.

Õige valik 1 p (B), vale või puudulik valik 0 p.

Õige põhjendus 2 p (nt pH=7 on neutraalne lahus ja seal on H^+ ja OH^- ioone võrdselt), osaliselt õige põhjendus 1 p, vale või puudulik põhjendus 0 p.

9. Selgita võimalikult täpselt väljendi „lahuse pH < 7“ („lahuse pH on väikem kui 7“) sisu.

2 p, kui õpilane kirjutab, et pH < 7 iseloomustab happelist lahust ning selle korral on ülekaalus H^+ ioonide sisaldus. 1 p osaliselt õige selgituse eest. 0 p vale või puuduliku selgituse eest.

10. Loe läbi alljärgnev tekst ning lahenda Laura ja Karli probleem tuginedes õpitud teadmistele.

Miks ei õnnestunud Laural ja Karlil ummistust kõrvaldada?

Õige probleemi põhjuse esitamise eest 2 p (nt üks sisaldab alust, teine hapet, need on vastandlike omadustega ained ja neutraliseerivad teineteist, mistõttu ummistus ei kõrvaldunud). Osaliselt õige põhjenduse eest 1 p, vale või puuduliku põhjenduse eest 0 p.

Kuidas kõrvaldaksid sina antud olukorras ummistuse?

Antud olukorrale õige lahenduse pakkumise eest 2 p (nt ei kasutaks neid vahendeid koos, kasutaksin ainult Talpat, kuna see on mõeldud torude puhastamiseks). Osaliselt sobiliku lahenduse eest 1 p, 0 p puuduliku või vale lahenduse pakkumise eest.

Lisa 8. Õpilaste vastusevariandid eel- ja järeltestis küsimuste kaupa

Õpilaste (N = 37) vastusevariandid eel- ja järeltestis küsimuste kaupa

	1			2			3			4			5				6				7			8		
	A*	B	C	A	B	C*	A*	B	C	A*	B	C	A	B*	C	D	A	B	C	D*	A	B	C*	A	B*	C
Eeltest	37	0	0	13	0	23	9	20	7	17	5	10	21	4	5	4	4	17	4	10	11	10	9	5	12	10
Järeltest	37	0	0	8	0	29	16	17	4	27	5	5	11	17	7	1	2	5	10	19	4	8	24	5	29	2

*õige vastuse variant.

Lisa 9. Õpilaste hinnang õppematerjalile ja selle rakendamisele

Õpilaste hinnang õppematerjalile „Happed ja alused“ ja selle rakendamisele

Väide	Ei nõustu üldse	Pigem ei nõustu	Pigem nõustun	Nõustun täiesti
1. Õppeprogrammi eesmärgid olid mulle arusaadavad.	0	6	16	16
2. Antud õppeprogramm tervikuna meeldis mulle.	0	1	12	25
3. Mulle meeldisid antud õppeprogrammi selgitavad osad.	1	3	22	12
4. Antud õppeprogrammis omandatud teadmisi saan kasutada igapäevaelus.	0	7	25	6
5. Antud õppeprogrammis omandatud teadmisi saan kasutada teistes õppeainetes.	2	17	16	3
6. Õppeprogrammi läbimise jooksul kulus õppimisele liiga palju aega.	14	20	4	0
7. Tundides kasutatud õppematerjalid ja õppevahendid olid mulle hästi arusaadavad.	1	3	12	22
8. Praktiliste tööde tegemine muutis antud teema huvitavamaks.	0	1	6	31
9. Praktiliste ülesannete täitmine aitas mul mõista läbitud teemade sisu.	1	0	16	21
10. Ülesannete lahendamine võimaldas mul teha järeldusi ja sõnastada oma otsuseid.	0	4	20	14
11. Koos paarilisega ülesannete lahendamine oli minu jaoks õppimise seisukohast tõhusam, kui neid üksi tehes.	2	0	11	25
12. Tundides saadud õpetajapoolne tugi oli piisav.	0	1	10	27

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, _____ Getter Leppik _____,
(*autori nimi*)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
_____ Õpilaste arusaamise kujunemine hapetest ja alustest _____
_____ toetudes STC™ õppekavale _____,
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on _____ MSc Andero Vaarik _____,
(*juhendaja nimi*)

- 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **03.06.2014**